



**DISEÑO DE UN MATERIAL DE ENSEÑANZA EN FORMATO DIGITAL CON  
COHERENCIA INTRACURRICULAR: EL CASO DE LOS CICLOS  
BIOGEOQUÍMICOS**

**LIZETH JOHANA BETANCOURTH LERMA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA  
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN  
CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL  
CALI  
2018**



**DISEÑO DE UN MATERIAL DE ENSEÑANZA EN FORMATO DIGITAL CON  
COHERENCIA INTRACURRICULAR: EL CASO DE LOS CICLOS  
BIOGEOQUÍMICOS**

**LIZETH JOHANA BETANCOURTH LERMA**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Licenciada en Educación Básica  
con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental**

**Mg. BORIS FERNANDO CANDELA RODRÍGUEZ**

**Director de Tesis**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA  
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN  
CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL  
CALI  
2018**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco profundamente a mi padre, Fernando Betancourth, quien siempre ha apoyado mi realización como persona y ciudadana. Su ejemplo y su trabajo han sido una guía para actuar de forma correcta e integra frente a los problemas y la vida misma. Igualmente, agradezco a mi hermana, Luisa Betancourth, por ser una buena compañía en medio de la soledad y el fracaso. Su sola presencia fue el soporte para mantenerme en pie ante la impredecible realidad del día a día.

Por otra parte, debo destacar el trabajo de Mitchell Morales como diseñador gráfico, ya que gracias a su trabajo fue posible abordar la materialización como un ejercicio estético que tiene valor al momento de utilizar y evaluar los materiales educativos. Sus ideas son motivo de admiración y cariño, ya que han contribuido a dar un poco más de lo que se esperaba de este trabajo. Igualmente, le agradezco su compañía y sus enseñanzas porque han logrado marcar gran parte de mi vida universitaria.

Finalmente, doy gracias a mi tutor de tesis, Boris Candela, por su labor y paciencia al momento de realizar este trabajo. Sus consejos y consideraciones me hicieron crecer personal y profesionalmente. De la misma manera, estoy agradecida a mis compañeros y profesores a lo largo de la carrera, cada uno de ellos me permitió avanzar en la construcción de un pensamiento crítico sobre la labor del profesor ante un aula de clase, probablemente llena de jóvenes que quiere saber cuál es su lugar en el mundo.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	8
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>CAPITULO I. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	9
1.1 JUSTIFICACIÓN .....	9
1.2 ANTECEDENES .....	11
1.3 PROBLEMA.....	19
<b>CAPITULO II. MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA</b> .....	23
2.1 ESTUDIOS DE DISEÑO EDUCATIVO.....	23
2.1.1 <i>Características de los Estudio de Diseño Educativo</i> .....	25
2.1.2 <i>Las Teorías de Dominio Específico.</i> .....	25
2.2 TEORIAS DE APRENDIZAJE.....	26
2.2.1 <i>Conductismo</i> .....	27
2.2.2 <i>Cognitivismo</i> .....	28
2.2.2.1 Teoría del Procesamiento de la información .....	29
2.2.3 <i>Constructivismo</i> .....	32
2.2.3.1 Constructivista-Cognitivo .....	32
2.2.3.2 Perspectiva Sociocultural.....	35
2.3 PEDAGOGÍA GENERAL.....	38
2.3.1 <i>Rutinas</i> .....	38
2.3.2 <i>Técnicas</i> .....	39
2.3.3 <i>Estrategias de Enseñanza</i> .....	40
2.3.3.1 Predecir, Observar, Explicar (POE).....	41
2.3.4 <i>Modelos de enseñanza</i> .....	42
2.3.4.1 Ciclo de Aprendizaje.....	43
2.4 PRINCIPIOS DE DISEÑO.....	44
2.4.1 <i>Coherencia curricular</i> .....	44
2.4.1.1 Referentes curriculares formulados por el Estado .....	45

2.4.2 Metas de aprendizaje .....	49
2.4.3 Selección del contenido: la gran idea.....	50
2.4.4 Caracterización de las dificultades de enseñanza y aprendizaje .....	51
2.4.5 Técnicas de enseñanza.....	51
2.4.5 Evaluación formativa.....	52
2.5 ANÁLISIS CONCEPTUAL SOBRE LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS .....	52
2.5.1 CICLOS BIOGEOQUÍMICOS .....	53
2.5.2 Ciclos biogeoquímicos atmosféricos.....	54
2.5.2.1 El ciclo hidrológico.....	56
2.5.2.2 El ciclo del carbono .....	59
2.5.2.3 El ciclo del nitrógeno .....	63
<b>CAPITULO III. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>67</b>
3.1 HIPÓTESIS.....	67
3.2 OBJETIVOS .....	68
3.2.1 Objetivo general.....	68
3.2.2 Objetivos específicos.....	68
3.3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	68
3.3.1 Instrumento metodológico de análisis (ReCo).....	73
3.3.2. Análisis documental .....	78
3.3.2.1 Primera Fase: análisis de contenido.....	78
3.3.2.2 Segunda Fase: diseño de una teoría de dominio específico sobre los ciclos biogeoquímicos a partir del instrumento metodológico ReCo .....	80
3.3.2.3 Tercera Fase: materialización de la teoría de dominio específico generada sobre la enseñanza de los ciclos biogeoquímicos para grado séptimo.....	81
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>82</b>
4.1 TEORÍA DE DOMINIO ESPECÍFICO SOBRE LA ENSEÑANZA DEL TÓPICO CICLOS BIOGEOQUÍMICOS. ....	85
4.2. MATERIALIZACIÓN DE LA TEORÍA DE DOMINIO ESPECÍFICO.....	107
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>108</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>112</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Sistema de procesamiento de la información, entendiendo el aprendizaje como un proceso de la memoria. Fuente: Psicología Educativa de Woolfolk, 2010. ....	30
<i>Figura 2.</i> Estándares Básicos de Competencias de los grados 4° a 5° reconociendo su estructura. Fuente: Ministerio de Educación Nacional, 2006. ....	47
<i>Figura 3.</i> Derechos Básicos de aprendizaje del grado 4° reconociendo su estructura. Fuente: Ministerio de Educación Nacional, 2016.....	48
<i>Figura 4.</i> Matriz de Referencia del grado 4° reconociendo su estructura para promover la evaluación formativa. Fuente: Ministerio de Educación Nacional, 2015.....	49
<i>Figura 5.</i> Modelo explicativo de los ciclos biogeoquímicos (parte sombreada) sobrepuesto a un diagrama simplificado del flujo de energía. Relaciones entre la circulación de la materia y la energía. Fuente: Ecología de Odum & Sarmiento, 1998.....	55
<i>Figura 6.</i> Modelo explicativo simplificado del ciclo del agua adaptado para abordar los tres niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico). Fuente: adaptación de Ecología de Odum & Sarmiento, 1998. ....	57
<i>Figura 7.</i> Modelo explicativo simplificado del ciclo del carbono adaptado a nivel simbólico. En la fotosíntesis se absorbe el dióxido de carbono, al contrario que en procesos como la respiración y la combustión que se produce. Fuente: adaptación de Ecología de Odum & Sarmiento, 1998. ....	60
<i>Figura 8.</i> Modelo explicativo simplificado del ciclo del nitrógeno desde el nivel simbólico. El flujo de este elemento puede representarse desde la descomposición de materia orgánica, como la fijación de nitrógeno gaseoso por medio de bacterias nitrificantes, hasta el nitrógeno que se filtra al suelo por la lluvia y efluentes. Fuente: adaptación de Introducción a la Ecología de Colinviaux, Ortega, Velasco & Lang (1980).....	63
<i>Figura 9.</i> Interfaz del material de enseñanza en formato digital con su correspondiente resumen, así como los enlaces a las actividades y recursos. ....	107

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Contenido de la unidad de muestreo .....	70
Tabla 2. Contenido de la unidad de contexto.....	71
Tabla 3. Estructura lógica del instrumento de la ReCo .....	74
Tabla 4. Estructura del instrumento de la ReCo adaptado al constructo CTPC por Candela (2017) .....	77

## **RESUMEN**

En esta investigación se presenta el diseño de un material de enseñanza con coherencia intracurricular sobre los ciclos biogeoquímicos. Lo cual fue resultado de la alineación de los elementos de diseño que definen la construcción de una unidad lógica y progresiva (metas de aprendizaje, selección del contenido, diagnóstico de las dificultades de enseñanza y aprendizaje, técnicas y estrategias de enseñanza, y evaluación formativa). Teniendo en cuenta el objetivo de este trabajo, se desarrolló una metodología de corte cualitativo estuvo orientada por el análisis de contenido de distintas fuentes documentales por medio del instrumento metodológico Representación del Contenido (ReCo). El uso de esta heurística permitió desarrollar una teoría de dominio específico sobre la enseñanza de los ciclos biogeoquímicos, uno de los conceptos estructurantes de la ecología, ya que permite entender el flujo de la materia en la naturaleza. Dicha teoría fue materializada en formato digital para orientar la enseñanza del tópico. Las conclusiones de este trabajo llevan a considerar la importancia de relacionar la teoría y la práctica educativa durante el diseño, lo que puede ser solventado por herramientas de orden reflexivo como la ReCo. De esta manera, la tarea del profesor no se limita a la tradicional presentación de contenidos, sino que se amplía con el diseño educativo estructurado, consciente y fundamentado por decisiones curriculares e instruccionales informadas por la literatura y la investigación en el campo de la enseñanza de las ciencias.

**Palabras claves:** Coherencia intracurricular, diseño de materiales de enseñanza, teoría de dominio específico, enseñanza de los ciclos biogeoquímicos.



## INTRODUCCIÓN

El foco central de este trabajo es el diseño de un material de enseñanza con coherencia intracurricular sobre los ciclos biogeoquímicos destinado a los estudiantes de grado séptimo de bachillerato en cualquier institución educativa ajustada a las políticas educativas del Estado colombiano. Por tal razón, a lo largo de este trabajo, tienen gran relevancia los referentes curriculares establecidos en el sistema educativo, tales como los Estándares Básicos de Competencias, los Derechos Básicos de Aprendizaje y la Matriz de Referencia. El resultado es la toma de decisiones curriculares e instruccionales informadas por las teorías educativas de orden general (a saber, las teorías del aprendizaje, la pedagogía general y las teorías del diseño instruccional) y las teorías de orden específico sobre la enseñanza de los ciclos biogeoquímicos.

En concordancia con lo anterior, el punto de partida de este trabajo es la constante dificultad para articular la teoría y la práctica educativa en la enseñanza de las ciencias. Por una parte, hay gran variedad de investigaciones sobre los distintos contenidos de ciencias, pero no se ven reflejadas en el diseño de materiales o propuestas de enseñanza dada la complejidad que conlleva el diseño estructurado y lógico de unidades curriculares en el aula. A esto se suma que la práctica educativa -entendida como el diseño, implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje- no está alimentada por los aportes de los referentes curriculares estatales de forma sensata. En algunos casos, se toman en cuenta algunos referentes del currículo y se ignoran otros. En consecuencia, el diseño de materiales no está actualizado con la literatura y las nuevas investigaciones que abordan la enseñanza de las ciencias, así como tampoco está nutrido por los referentes curriculares establecidos por el Estado.

Así pues, el diseño de este material de enseñanza es un acercamiento a la literatura y las investigaciones sobre la enseñanza del flujo de la materia en la naturaleza, así como la integración de los elementos de la enseñanza (los referentes curriculares, las metas de aprendizaje, la selección del contenido, el diagnóstico de las dificultades de enseñanza y aprendizaje, las técnicas y estrategias de enseñanza, y la evaluación). De donde resulta una unidad lógica y coherente que brinda la posibilidad al estudiante de dominar los conocimientos disciplinares, al igual que las habilidades y aptitudes propias de las ciencias.

Teniendo presente las exigencias de este trabajo, el uso del instrumento metodológico ReCo fue crucial dado su carácter reflexivo para la toma de decisiones curriculares e instruccionales. Por supuesto, la metodología no fue un “relleno de una tabla estática”; el trabajo metodológico consistió, en un primer momento, en la lectura sistemática sobre la literatura y las investigaciones del campo educativo relacionados con la enseñanza del flujo de la materia en la naturaleza, y, por consiguiente, la enseñanza de los ciclos biogeoquímicos. En un segundo momento, el análisis de contenido que permitió la construcción de una teoría de dominio específico sobre el contenido por medio del instrumento ReCo, entendiendo la integración de los elementos de la enseñanza. Finalmente, el diseño de un material digital y sus complementarios, que plasman las ideas y reflexiones de la teoría práctica desarrollada.

De ahí que, este trabajo está constituido por cuatro capítulos que dan cuenta de todo el proceso: El capítulo I presenta la justificación, los antecedentes y el planteamiento del problema, los cuales sirven para delimitar el objeto de estudio. El capítulo II reconoce el marco teórico de este trabajo, los estudios de diseño educativo, dicho marco corresponde a la fundamentación conceptual que sirve para la construcción de materiales de enseñanza. El capítulo III determina una línea metodológica a partir del problema y los objetivos de la investigación. El capítulo IV expone los resultados y su correspondiente análisis, lo que equivale a la creación de una teoría de dominio específico por medio del desarrollo de la ReCo, y la plasmación del material de enseñanza en formato digital. Finalmente, están las conclusiones de todo el proceso investigativo.

## **CAPITULO I. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA**

En este apartado se hace un recuento de elementos estructurales de la presente investigación: en primer lugar, se expone la justificación, la cual da cuenta de la importancia de la coherencia intracurricular en el diseño de materiales de enseñanzas; en segundo lugar, se encuentran los antecedentes, que corresponde a la consulta de diferentes referentes en torno al diseño de materiales, la enseñanza de las ciencias (especialmente la enseñanza de la ecología) así como investigaciones en torno a la coherencia curricular; finalmente, en tercer lugar, se encuentra el planteamiento del problema, en este apartado se delimita el objeto de estudio del presente trabajo, lo que orienta las decisiones y los procesos a desarrollar.

### **1.1 JUSTIFICACIÓN**

Una de las tareas más importantes para el profesor en la sociedad del conocimiento es el diseño de materiales de enseñanza<sup>1</sup> que sean adecuados a las necesidades y capacidades de los estudiantes. En gran medida esta responsabilidad se debe a que los materiales de enseñanza son producto de las decisiones de los profesores, las cuales están permeadas por lo aprendido en la universidad y, sobre todo, por las experiencias en el campo educativo. De manera que, los materiales son una evidencia que deja claro las orientaciones curriculares e instruccionales que dominan el saber de un profesor.

Ahora bien, diversas investigaciones reconocen que la mayoría de los materiales de enseñanza no tienen en cuenta las investigaciones realizadas en el campo educativo. Es decir, en las escuelas no se tienen presente los avances en el campo de la psicología, las prescripciones de la sociología, ni siquiera el desarrollo de nuevas perspectivas para facilitar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Hay una ruptura entre la teoría y la práctica educativa que influye en

---

<sup>1</sup> En este trabajo se considera que los materiales de enseñanza son un conjunto de actividades seleccionadas, secuenciadas y temporalizadas para facilitar el aprendizaje del estudiante. En la línea de investigación del Diseño Educativo, dichas actividades se fundamentan bajo una teoría de dominio específico, la cual orienta el diseño de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEA); Progresiones de Aprendizaje Hipotéticas (PAH); Objetos de Aprendizaje (OA), entre otros (Candela, 2016). De modo que el diseño de materiales de enseñanza es la construcción de un ambiente de aprendizaje que permite al estudiante la asimilación de nuevos conocimientos.

la formación de ciudadanos, los cuales muchas veces no están listos para asumir su papel en la sociedad actual (The Design-Based Research Collective, 2003).

Así pues, existe un marco teórico rico en el campo de la educación que ha permeado las políticas educativas pero que no tiene implicaciones en el aula de clase. En este sentido, en Colombia se ha implementado en el currículo estatal las definiciones de los Lineamientos Curriculares, las orientaciones de los Estándares de Competencias, los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) y la Matriz de Referencia en ciencias. Sin embargo, el profesor no reconoce (o no articula) tales nociones para la toma de decisiones curriculares en su plan de aula. Dicha situación se ve reflejada en el diagnóstico de diferentes investigaciones, uno de estos trabajos es realizado por Torres & Torres (2018), en el que se determina que el profesor considera el currículo como serie de planes y actividades que se repiten año tras año, es decir, es un programa estático y no flexible que no adopta las orientaciones de los EBC ni los DBA. En consecuencia, hay una planeación que es curricularmente inadecuada, o mejor dicho incoherente, lo que a su vez influye en que los estudiantes no asimilen ni articulen los conocimientos recibidos a lo largo de su formación académica (Krajcik, Shin, Stevens & Short, 2009).

De esta manera, existe una gran variedad de materiales de enseñanza que no están informados por los avances curriculares estatales ni por las investigaciones educativas que buscan formar ciudadanos aptos para tomar decisiones en el contexto político y social de nuestro país. De ahí que sea necesario diseñar materiales de enseñanza que estén orientados por las teorías del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías del diseño de la enseñanza, esto sin contar con contenido de las ciencias. Todo en conjunto le permitiría al profesor/diseñador seleccionar, secuenciar y temporalizar actividades que faciliten la comprensión de un tópico específico que, a la larga, le permitirá tomar decisiones en su vida.

Por consiguiente, se hace necesario el diseño de materiales con coherencia curricular, los cuales den cuenta de decisiones curriculares e instruccionales alineadas al currículo estatal, así como a las necesidades y capacidades de los estudiantes. Ante tal situación han surgido enfoques de la investigación educativa que “disminuyen” la brecha entre la teoría y la práctica, entre ellos se encuentra los Estudios de Diseño Educativo. Esta línea de investigación reconoce que es necesario la formulación de *teorías de dominio específico* (prototeorías o teorías humildes) las cuales orientan la construcción de materiales de enseñanza coherentes curricularmente (Candela,

2016). Es decir, se establecen hipótesis fundamentadas por las investigaciones en educación en ciencias y la experiencia en el aula de clase, lo cual facilitaría el aprendizaje de un contenido específico.

Los materiales de enseñanza con coherencia curricular son de suma importancia en ciencias como la ecología, ya que el aprendizaje de nociones relacionadas con el ambiente es esencial para tomar decisiones frente al deterioro actual de nuestro entorno. Por tanto, resulta relevante el diseño de materiales de enseñanza coherentes curricularmente, ya que las necesidades de la sociedad del conocimiento no dan espera. En este sentido, se considera que el diseño de un material de enseñanza sobre los ciclos biogeoquímicos responde a las necesidades para reconocer el ciclo de la materia en la naturaleza, una noción clave para el desarrollo del pensamiento ecológico.

De manera que, el presente trabajo reconoce la importancia de construir una teoría de dominio específico sobre los ciclos biogeoquímicos, considerando la importancia de alinear las decisiones curriculares e instruccionales más apropiadas a las necesidades y capacidades de los estudiantes. De este proceso surge el diseño de un material con coherencia curricular que permitiría avanzar en la apropiación de las transformaciones cíclicas presentes en el ecosistema a estudiantes de grado séptimo, superando de manera progresiva las dificultades e ideas alternativas que prevalecen en el estudio de la ecología.

## **1.2 ANTECEDENTES**

Antes que nada, un material de enseñanza es el resultado del diseño de actividades secuenciadas y temporalizadas que responden a una serie de referentes (psicológicos, pedagógicos, disciplinares y curriculares). De ahí que, a través de este recurso se instauran dinámicas, acciones y experiencias para que el estudiante se acerque a un conocimiento, habilidad o actitud específica que el profesor establece como meta de aprendizaje. El material no es “una camisa de fuerza” para el diseñador/profesor, sino que sirve como una guía de trabajo que permite gestionar el aula a través de las decisiones tomadas en el diseño (Casanova, 2016). Así, un material de enseñanza no es más que una herramienta que permiten la construcción de ambientes de aprendizaje propicios para promover el desarrollo del estudiante.

Teniendo presente esta definición, los antecedentes responden a dos criterios fundamentales de este trabajo: 1) Los materiales o propuestas de enseñanza que abordan los ciclos biogeoquímicos desde su relevancia disciplinar; 2) Los materiales o propuestas de enseñanza con coherencia curricular dentro de la línea de investigación del Diseño Educativo. A partir de esta limitación se determinan algunos precedentes que permiten avanzar en el desarrollo de esta investigación.

En primer lugar, hay varios materiales de enseñanza desarrollados para contextos particulares en Colombia que abordan los ciclos biogeoquímicos como un contenido fragmentado y aislado de sus partes. Es decir, se estructuran propuestas de enseñanza de cada ciclo como un proceso independiente, desconociendo su carácter vinculante para entender el flujo de la materia en la naturaleza. En muchos de los casos, lo que se busca con estas propuestas es priorizar el dominio de los contenidos disciplinares estructurantes sobre el desarrollo de habilidades o aptitudes que permitan tomar decisiones ciudadanas.

Una de las investigaciones que sirven como antecedentes viene de Valencia & Zarate (2012), de la Universidad del Valle, cuyo objetivo era diseñar una secuencia de actividades para establecer una visión cíclica y compleja del ciclo del agua. Para ello fue necesario reconocer los conocimientos e ideas previas de los estudiantes de quinto grado de primaria de una Institución Educativa de Cali (barrio Polvorines) sobre el ciclo del hidrológico. Con esta información y la integración de la teoría del cambio conceptual, las autoras estructuran una serie de actividades. La investigación termina en el diseño e implementación de la secuencia de actividades estructuradas por subtemas, las cuales permitieron abordar el ciclo del agua desde un modelo explicativo complejo que incluye la importancia de la acción humana.

Las conclusiones de Valencia & Zarate (2012) indican que el profesor debe tener claridad sobre el dominio de los conceptos, así como las limitaciones del estudiante para luego diseñar una secuencia de actividades. Es decir, reconocer que los conocimientos previos del estudiante sí condicionan el progreso y la profundidad con la que pueden ser tratados los contenidos. A esto cabe añadir que los conocimientos del estudiante tienen una carga social basada en el conocimiento cotidiano. Además, estas autoras reconocen que el aula posee una diversidad que exige ajustar las actividades a diversos escenarios.

Otra investigación que se debe es la investigación de Salazar (2015), de la Universidad Nacional de Colombia, quien se propone definir los obstáculos de los estudiantes de la Institución Educativa “El Roble”, sede Juan José Neira (Caldas) para estructurar una serie de actividades que faciliten el aprendizaje del ciclo del agua de manera progresiva. Este ejercicio articula herramientas metacognitivas para superar dichos obstáculos conceptuales y promover la autonomía del estudiante en el proceso de aprendizaje.

A lo largo de su investigación, Salazar (2015) llega a concluir, por una parte, que los estudiantes tienen dificultades para definir la idea “ciclo”, entendiéndolo como un proceso continuo y repetitivo, omitiendo la fase subterránea del ciclo del agua en muchas ocasiones. Por otra parte, una de las conclusiones gira en torno a la relevancia de superar las concepciones alternativas hasta llegar a un modelo integrador que permita entender todas las fases del ciclo del agua. Los aportes más significativos de esta investigación es la estructuración de las actividades, fomentando la construcción de conceptos básicos como “ciclo” para relacionan los procesos como una parte de un todo.

Hay otro precedente que llama mucho la atención en cuanto a la profundidad del manejo conceptual, es la investigación de Sáenz (2012) de la Universidad Nacional de Colombia, la cual se enfoca en el diseño de una unidad didáctica para la enseñanza de la fotosíntesis al colegio “José María Carbonell” (Bogotá). La metodología utilizada se orientó a una revisión bibliográfica sobre el concepto y su la evolución. Su trabajo profundizó en el análisis de los referentes histórico-epistemológicos que han determinado la naturaleza del concepto, los cuales permiten entender la carga conceptual que deriva de los cambios fisicoquímicos mediados por los seres vivos. Además de esta revisión bibliográfica, el autor definió algunos de los obstáculos del estudiante frente al concepto utilizando una encuesta y remitiéndose a las investigaciones en el campo de la enseñanza de las ciencias.

Sáenz (2012) determina que hay grandes dificultades para entender este contenido, teniendo en cuenta su complejidad y la falta de claridad de los profesores para diferenciar entre la fotosíntesis y la respiración celular: el primero es el proceso por el cual las plantas elaboran su propio alimento, mientras el segundo es el proceso inherente de la planta para respirar y generar energía. La investigación concluye con el diseño de una secuencia de actividades que pretenden superar las ideas alternativas de los estudiantes por medio del uso de analogías, de las cuales se

resalta que lo más relevante es que el estudiante se aproxime a la noción de que las plantas sirven como mediadores en la construcción de materia orgánica.

Cabe aclarar que, la propuesta de Sáenz hace referencia explícita a un solo concepto clave del ciclo del carbono (la fotosíntesis), haciendo énfasis en la asimilación de este contenido de manera independiente dada su complejidad. El manejo de este contenido de manera aislada en las aulas de clase ha preponderado en el contexto colombiano, lo mismo sucede con la enseñanza de la respiración en biología y la combustión en química. Esto se debe, muchas veces a la exigencia que requiere la enseñanza de este contenido, y al poco manejo conceptual de los procesos fisicoquímicos implicados, tanto por parte del profesor como del estudiante.

Sin embargo, algunas propuestas han visto la relevancia de articular estos procesos (fotosíntesis, respiración, incluso la combustión) para entender el flujo de la materia en la naturaleza. En este sentido, la investigación realizada en la línea de investigación del Diseño Educativo por Mohan & Anderson (2009) de la Universidad de Michigan establecen la necesidad de articular distintos procesos para razonar sobre el flujo de la materia. Para ello, se recurre a una Progresión de Aprendizaje (carbon cycle learning progression, CCLP), la cual establece una ruta de aprendizaje condicionada por las capacidades del estudiante. Lo interesante de este trabajo es la importancia que se le da al fomento del manejo del *discurso científico* con el propósito de entender el mundo, uno de los elementos más fuertes del estudio.

En esta propuesta, Mohan & Anderson (2009), reconocen que hay distintas formas para abordar un fenómeno dependiendo del manejo de ideas que tiene el individuo para dar significado al entorno. Razón por la cual, estos autores establecen 4 niveles que permiten al profesor introducir conceptos e ideas al lenguaje del estudiante de manera progresiva. La caracterización de los niveles permite utilizar diferentes herramientas y actividades para lograr la comprensión de los procesos involucrados en el ciclo del carbono dadas las capacidades del estudiante. A modo de síntesis: en el nivel 1 el estudiante puede describir las condiciones y los actores del fenómeno; en el nivel 2 puede identificar los mecanismos que determinan el fenómeno, así como la conservación de la materia a escala macroscópica; en el nivel 3 el estudiante sería capaz de reconocer los cambios químicos y su interpretación a nivel molecular con algunas limitaciones, y en el nivel 4 hay un dominio en la comprensión de los procesos y sistemas que influyen en el fenómeno a partir del lenguaje científico.



Este trabajo investigativo de Mohan & Anderson (2009) es crucial para esta investigación porque, a diferencia de los otros antecedentes, no se limita a la búsqueda bibliográfica en el campo disciplinar, sino que aborda los referentes psicopedagógicos y curriculares, los cuales nutren la construcción de materiales y propuestas dirigidas al estudiante. A esto se suma que esta investigación nos lleva a entender la importancia del dominio del lenguaje para construir el discurso científico (una propuesta alimentada por la diferenciación e integración de los tres niveles de representación que se abordan en el Capítulo II, el sistema semiótico común).

Finalmente, otro referente del contexto colombiano que hace referencia a la enseñanza de los ciclos biogeoquímicos es la investigación realizada por Luengas (2014), de la Universidad Nacional de Colombia, sobre la enseñanza del ciclo del nitrógeno para la Institución Educativa “Nuestra Señora del Rosario”, en Tolima. Esta investigación estaba enfocada en la construcción de una propuesta didáctica para la comprensión del ciclo del nitrógeno dirigida al tercer ciclo de educación básica rural (sexto y séptimo grado de bachillerato). En su metodología aplica una prueba diagnóstica de conceptos previos y una revisión bibliográfica del concepto para luego diseñar la propuesta.

Es importante remarcar que se piensa que la proximidad al entorno natural podría facilitar la apropiación del contenido en cuestión. No obstante, los resultados hallados por Luengas (2014) determinan que los estudiantes no se apropian con los conocimientos relacionados con el flujo de la materia por la ausencia de conceptos básicos (diferenciación entre cambio químico, cambio físico, componentes bióticos, abióticos, entre otros conceptos claves). Lo que lleva a esta autora a diseñar una cartilla llamada “*Buscando el nitrógeno en la naturaleza*” desde los conceptos más elementales hasta la presentación y explicación del ciclo del nitrógeno.

Los aportes a este trabajo se resumen en considerar la complejidad del contenido en sí mismo, ya que requiere que otras ideas y conceptos sean desarrollados en el aula, es decir, el contenido debe *establecerse en una estructura curricular lógica*, lo que implica que el desarrollo de este tópico esté alineado a otros conceptos que los estudiantes desarrollan a lo largo de la escolaridad. De este modo, los aprendices pueden articular los conocimientos adquiridos en grados anteriores y superiores, y la labor del docente no se ve condicionada ni limitada por la repetición de temas, sin profundizar en los contenidos.

Ahora bien, partiendo de estos antecedentes en el contexto colombiano, es posible notar que existe una imperante necesidad de diseñar propuestas, unidades didácticas y materiales de enseñanza sobre los ciclos de la naturaleza. No obstante, abordar esta necesidad únicamente desde la disciplina delimita el ejercicio de enseñanza a la tradicional presentación de contenidos, la cual no responde al desarrollo de actividades que promuevan la comprensión del flujo de la materia en la naturaleza. Es posible que el estudiante asimile algunos conceptos, pero no se apropia ni profundiza en ellos para entender su entorno.

De ahí que, en el diseño de un material de enseñanza es fundamental reflexionar sobre la secuenciación de los contenidos esenciales que sirven para comprender la ciencia, analizar la profundidad con la que dichos tópicos son estudiados dentro y entre los grados, y, ajustar las metas de aprendizaje acorde a las necesidades y capacidades de los estudiantes.

Teniendo presente las limitaciones de los antecedentes ya mencionados, se recurren a otro tipo de investigaciones en la línea de investigación del Diseño Educativo, las cuales abogan por la coherencia curricular como uno de los principios fundamentales del diseño de propuestas y materiales de enseñanza. Eventualmente, son estos antecedentes los que permitirán tomar decisiones reflexivas y fundamentadas sobre el diseño de un material de enseñanza sobre los ciclos biogeoquímicos.

Uno de los precedentes en la línea del diseño educativo es una investigación realizada por Cataño (2016), de la Universidad del Valle, cuya meta era el diseño de una Progresión de Aprendizaje Hipotética (en inglés como Hypothetical Learning Progressión, HLP) con coherencia curricular para la enseñanza de la estequiometría. Durante el desarrollo de la metodología, el autor decide optar por una metodología cualitativa, el análisis de contenido. Con este propósito utilizó una rejilla de análisis para la lectura consciente de diferentes referentes que le permitieran estructurar una propuesta para superar las concepciones alternativas que rodean la estequiometría. Esta investigación tiene cierta relación con la CCLP (carbon cycle learning progression) de Mohan & Anderson (2009), ya que se retoman trabajos anteriores y referentes de diferente orden para desarrollar propuestas que sirvan al estudiante a formular formas de pensamiento más sofisticadas, más complejas e integradas.

Por lo tanto, ambas investigaciones, derivadas de los Estudios de Diseño, remarcan la necesidad de articular los diferentes elementos de la enseñanza para que el diseño de actividades

proporcione la oportunidad al estudiante de superar formas de pensamiento simple a otras más sofisticadas. Al finalizar su investigación, Cataño (2016) reconoce que el diseño y uso de la rejilla como herramienta de análisis permitió entender las relaciones entre los elementos que configuran la enseñanza (el contexto, las ideas centrales de las ciencias, estándares de contenido, estándares de indagación, estándares de competencias, desempeños de aprendizaje, estrategias instruccionales y de evaluación, conceptos transversales, metas de aprendizaje, así como las teorías propias de la Progresión de Aprendizaje Hipotética, tales como las teorías de anclaje inferior, anclaje superior, y los niveles intermedios).

Otro referente que llama la atención es la investigación de Gallardo & Torres (2016), de la Universidad del Valle, en la que se tenía como propósito el diseño de un material de enseñanza sobre el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso que presentara coherencia intracurricular. En este sentido, las autoras generaron y materializaron una teoría de dominio específico a través del uso sistemático del instrumento metodológico ReCo (Representación del Contenido, sus siglas en inglés son CoRe, “*Content Representation*”). El uso de esta heurística como instrumento de análisis está relacionado con las investigaciones realizadas por Candela (2016) sobre el diseño reflexivo y articulador de propuestas educativas, integrando la práctica y la teoría en la enseñanza de las ciencias.

Hay que mencionar que el uso de la ReCo llevó a un análisis de las diferentes fuentes (disciplinares, pedagógicas y curriculares) para tomar decisiones curriculares e instruccionales fundamentadas en el análisis crítico y reflexivo del profesor al momento de hacer una propuesta en el aula. Gallardo & Torres (2016) concluyen que el uso de la ReCo orientó el diseño del como un proceso reflexivo entre diferentes elementos (a saber: el conjunto de ideas que configuran el contenido abordado, las metas de aprendizaje; dificultades/limitaciones y concepciones alternativas, las estrategias de enseñanza y la evaluación formativa del contenido). Definitivamente, esta investigación, a diferencia de la mayoría de los antecedentes ya mencionados, orienta la revisión bibliográfica (y las pruebas diagnóstico, realizadas por otros autores) a un análisis reflexivo de todos los elementos implicados en la enseñanza, no sólo el ámbito disciplinar.

En resumen, por una parte, los antecedentes advierten que falta una propuesta sobre los ciclos biogeoquímicos que dé cuenta de la articulación de los contenidos que permiten entender

el flujo de la materia en la naturaleza, así como de los elementos que configuran la enseñanza. A esto se suma, que las investigaciones existentes en el contexto colombiano tienen dificultades para articular estos contenidos *en una estructura curricular coherente*. Es decir, dada la complejidad de los ciclos de la naturaleza, es necesario articular otros conceptos básicos de la química, la biología y la física que permitan avanzar y profundizar en la construcción de modelos mentales más complejos sobre el flujo de la materia.

No obstante, a pesar de las consideraciones anteriores, lo que deja entrever algunas investigaciones es que los estudiantes no cuentan con los conocimientos necesarios para abordar los ciclos de la naturaleza, por lo que la tarea del profesor está condicionada a la presentación de los contenidos básicos y luego abordar la enseñanza del tópico en cuestión, como fue el caso de Luengas (2014). En consecuencia, hay grandes fallas en la secuenciación de los contenidos esenciales que sirven para comprender la ciencia, en la profundidad con la que dichos tópicos son estudiados dentro y entre los grados, y, dificultades en el ajuste a las metas de aprendizaje acorde a las necesidades y capacidades de los estudiantes.

Nada de lo expuesto hasta aquí significa que las investigaciones realizadas sobre el tópico pierdan su valor o sean objeto de críticas. Lo que se busca resaltar es la latente dificultad que significa articular este contenido en una estructura curricular, ya que, si no se cuenta con los conocimientos básicos para abordar los cambios físicos y químicos de la materia, es muy laborioso y complicado que los estudiantes logren comprender los ciclos biogeoquímicos.

Por otra parte, considerando las investigaciones en la línea del Diseño Educativo, hay alternativas para superar la falta de articulación de los diferentes elementos que componen la enseñanza de este tópico, así como la falta de coherencia curricular. Uno de ellos a considerar es el uso sistemático de la ReCo, la cual orienta el diseño de materiales de enseñanza informados por las teorías de orden general y específica de la educación en ciencias, como en el caso de Gallardo & Torres (2016). A esto se suma que la metodología utilizada por estas autoras fundamenta las decisiones curriculares e instruccionales que toma el profesor como un proceso reflexivo y autónomo, orientado por el análisis de contenido, el cual permite dar solución a los problemas entre el proceso de enseñanza-aprendizaje basado en investigaciones y teorías del campo educativo.

### **1.3 PROBLEMA**

En el campo educación en ciencias se han instaurado diferentes grupos de investigación que divulgan trabajos relacionados con las posibles estrategias y consideraciones para mejorar la comprensión conceptual de los diferentes tópicos establecidos en el currículo. Conviene señalar, que cada aporte teórico y metodológico proveniente de este ámbito de investigación ha ejercido una fuerte influencia en muchas de las reformas curriculares realizadas en diferentes partes del mundo (Agudelo, 2015; Cataño, 2016).

Aunque la comunidad educativa ha generado un amplio marco teórico y metodológico sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de perspectiva sociocultural, estos aún no han impactado de manera eficiente el aula. De hecho, los estudiantes en la actual sociedad del conocimiento continúan realizando tareas repetitivas y mecánicas que se encuentran más alineadas con la sociedad industrial que con la del conocimiento. Quizás, este hecho ha generado en ellos un desinterés por asumir las ciencias como un proyecto de vida.

Desde luego, esta situación ha dejado ver que existe una ruptura entre la teoría proveniente de la investigación, la práctica del diseño y la enseñanza de contenidos específicos (Agudelo, 2015; Cataño, 2016; Candela, 2016). Así pues, en muchos casos el proceso de diseño e implementación de los materiales curriculares no ha estado informado por las teorías de la educación de naturaleza general (ej., teorías del aprendizaje, pedagogía general, teorías instruccionales, y teoría curricular) y específica (ej., literatura en educación en ciencias). En consecuencia, muchos de los materiales usados en el aula de clase son producto de marcos intuitivos desarrollados a partir de experiencias personales o, en el mejor de los casos, el docente se orienta por los textos escolares, ignorando la literatura sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje y las necesidades básicas del estudiante. En pocas palabras, el maestro toma decisiones en el diseño educativo que no tienen coherencia curricular (Agudelo, 2015; Candela, 2016).

Vale la pena resaltar que, la ruptura entre la teoría y la práctica ha orientado el diseño y desarrollo de materiales de enseñanza sin coherencia curricular. En este sentido, estos no tienen alineados intrínsecamente elementos de la enseñanza, tales como: los Estándares Básicos de Competencias, los Derechos Básicos de Aprendizaje, la Matriz de Referencia, las concepciones alternativas, actividades de aprendizaje, las estrategias de enseñanza y de evaluación (Candela,

2016; Cataño, 2016). Por consiguiente, dichos ambientes resultan inadecuados para lograr las metas de aprendizaje que garantizan al estudiante la comprensión conceptual de los tópicos y el desarrollo de competencias científicas.

Es necesario aclarar que la coherencia curricular se entiende en términos de secuenciación de los conceptos fundamentales para la comprensión de los contenidos de las ciencias. Incluye, a su vez, la profundidad con la que son estudiados dichos conceptos en y a través de los grados (coherencia intercurricular), y la manera estructurada en que deben ser alineados internamente los anteriores elementos de la enseñanza entre sí (coherencia intracurricular). Por tanto, el proceso de diseño de un material de enseñanza de tópicos específicos debe entretener de manera explícita, tanto la coherencia intercurricular como la intracurricular, con el fin de que este ayude a mediar el aprendizaje en los estudiantes (Shwartz et al, 2008; Candela, 2016; Gallardo & Torres, 2016).

De ahí que, para superar la dificultad de la falta coherencia curricular en los materiales de enseñanza de contenidos específicos, la línea de investigación del Diseño Educativo ha tomado la decisión de diseñar, implementar y evaluar dichos ambientes de aprendizaje, apoyados en el cuerpo de conocimiento proveniente del campo de la educación en ciencias. Naturalmente, esta tarea de diseño se sustenta en las teorías de orden general y específica de la educación en ciencias, situación que genera un conjunto de teorías de dominio específico o teorías prácticas.

Desde la perspectiva de los estudios de diseño, las teorías de dominio específico se construyen a partir de la indagación sistemática realizada a algunos aspectos que pertenecen a las teorías de orden general y específica de la educación en ciencias; los cuales se encuentran alineados con la enseñanza y aprendizaje de un tópico específico. Desde luego, esta tarea de diseño está permeada por el sistema de conocimiento, valores y actitudes del diseñador/profesor. Así mismo, dichas teorías de dominio están configuradas por la toma de decisiones curriculares e instruccionales, que orientan la puesta en escena del material de aprendizaje diseñado (Candela, 2016; Gallardo & Torres, 2017). Lo anterior lleva a un desarrollo profesional reflexivo y consciente de la práctica educativa desde la racionalidad dirigida por la teoría en las investigaciones de la comunidad educativa, evitando la intuición y la experiencia subjetiva para tomar decisiones en la enseñanza.

Ante esta perspectiva, Candela (2016) ha comenzado a considerar el papel clave que juega el instrumento metodológico de la ReCo en el diseño de materiales de enseñanza con coherencia curricular como una alternativa viable. De hecho, afirma que este instrumento puede asistir al diseñador/profesor durante la lectura reflexiva a las teorías de orden general y específico que lleva a cabo el diseñador/profesor. Así pues, esta tarea analítica se traduce en la toma de decisiones curriculares e instruccionales, las cuales dan origen a las teorías de dominio específico que orientan el diseño y la implementación del material en cuestión.

De modo que, el uso de la ReCo media la reflexión sobre la enseñanza y aprendizaje de un tópico específico, con el propósito de andamiar a los estudiantes durante la construcción de la comprensión de un fenómeno natural. Ahora bien, esta está configurada por una serie de preguntas que le exigen al docente repensar su conocimiento disciplinar, pedagógico y tecnológico de manera sinérgica. Por lo tanto, la ReCo es un desafío al pensamiento del profesor sobre la enseñanza de un contenido de las ciencias que parte de las “grandes ideas” que tiene de este tópico.

En vista del carácter reflexivo de este instrumento metodológico, es posible afirmar que el uso de la ReCo facilita la integración entre la teoría y la práctica educativa. De hecho, el análisis y las reflexiones en torno al desarrollo de la ReCo influyen en la alineación de los elementos de la enseñanza antes mencionados. Esta situación permite articular las investigaciones educativas de orden general y específico con la práctica del diseño de ambientes de aprendizaje y la enseñanza, con el fin de superar la falta de coherencia curricular.

Por otra parte, habría que decir que en las ciencias biológicas es fundamental reconocer las transformaciones que conforman el ecosistema. Bermudez & De Longhi (2008) afirman que hay un consenso en que los conceptos estructurantes median la comprensión profunda de los fenómenos ecosistémicos, los cuales juegan un papel crítico en el desarrollo del pensamiento científico. En este sentido, se considera al constructo del ciclo como un ***concepto estructurante***, dado que, ayuda a fundamentar la base teórica que explica los fenómenos naturales como respuesta a los procesos físicos y químicos condicionados por el ambiente (Gagliardi, 1986). Además, éste le permite al estudiante desarrollar una visión más compleja de los ecosistemas y, establecer modelos de transformación de la materia como un conjunto de interrelaciones constantes.

En relación con este constructo, los ciclos biogeoquímicos son modelos explicativos fundamentados en evidencia científica, que devienen de las transformaciones de los componentes del ecosistema que involucran cambios químicos y físicos (ej., ciclo del agua, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, calcio, sodio, azufre, fósforo, potasio, carbono y otros elementos que sufren transformaciones cuando interactúan con los seres vivos y el ambiente).

Conviene subrayar que el estudiante de la escuela secundaria no se apropia con facilidad de los conceptos relacionados con la ecología, ya que no se tienen claridad sobre los conceptos relacionados a estos modelos explicativos, y tiende a confundirlo con sucesos de la cotidianidad (ciclo de la vida, ciclo de la tierra, ciclo de la naturaleza, etc). En consecuencia, muchos de ellos desconocen y confunden conceptos al representar las transformaciones en el ecosistema. (Luengas, 2014).

A pesar de que dicho constructo es básico para la conceptualización de los procesos naturales, en el pensamiento del estudiante prevalece un modelo lineal, rígido y cerrado sobre la vida. Es decir, en el imaginario existe un ecosistema que tiene relaciones en un solo sentido, y no establecen relaciones de causa-efecto. De donde resulta que, los procesos de razonamiento de este se encuentran signados por un pensamiento simplista, el cual restringe la construcción del modelo de interacciones cíclicas para explicar los cambios del ecosistema. Esta situación le genera dificultad al estudiante en la construcción de una comprensión de problemas ambientales que surgen en su contexto por las variaciones en los ciclos de la vida (Luengas, 2014; Bermudez & De Longhi, 2008; Esteve & Jaén, 2013).

En vista de las dificultades presentes en el desarrollo de la noción sobre los ciclos biogeoquímicos, se debe considerar el diseño de un material de enseñanza bajo la línea de los Estudios de Diseño Educativo como una alternativa que articula las teorías de naturaleza general y específica de la educación en ciencias que genere espacios de análisis y discusión en torno a las transformaciones de la materia en el ecosistema que puedan llegar a espacios educativos. De este modo es posible diseñar un material acorde a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes con coherencia curricular. Del planteamiento anterior surge la siguiente pregunta:

*¿Cómo diseñar un material de enseñanza con coherencia intracurricular sobre los ciclos biogeoquímicos?*



## **CAPITULO II. MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA**

A partir de este marco conceptual se presentan las orientaciones teóricas que sustentan el desarrollo de esta investigación. Es así como se reconoce el papel y la relevancia de la línea de investigación del diseño educativo en la actualidad. De la misma manera, se consideran los principios de diseño, entre ellos la coherencia curricular como eje central de un ambiente de aprendizaje. En este sentido, los apartados que definen: la pedagogía general, las teorías del aprendizaje, las teorías del diseño de la enseñanza y la literatura de educación en ciencias. Por todo lo anterior, este apartado perfila las decisiones curriculares e instruccionales que orientan el diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular sobre los ciclos biogeoquímicos y son la base del análisis de los resultados obtenidos posteriormente.

### **2.1 ESTUDIOS DE DISEÑO EDUCATIVO**

Algunos investigadores en el campo de la psicología han permitido el desarrollo de los experimentos de diseño, experimentos formativos o experimentos de enseñanza como una de las técnicas para la investigación sistemática en educación. En consecuencia, se incorporaron nuevas técnicas en una metodología de investigación que incluye intervenciones programáticas, las cuales se encargan en la planeación, intervención y evaluación de algunas prescripciones sobre la enseñanza de distintos contenidos, desde algunos conceptos matemáticos hasta el abordaje de textos literarios. En consecuencia, los Estudios de Diseño Educativo se consolidan como una metodología de investigación que facilita el estudio y la prescripción de problemas en el aula de clases (Collins, 1992; Brown, 1992; Rinaudo & Donolo, 2010; Candela, 2016).

Además, algunas revistas como *Educational Researcher* (2003), el *Journal of the Learning Sciences* (2004), *The Cambridge Handbook of the Learning Science* (2006) permiten la publicación y la articulación de investigaciones en el campo educativo, especialmente a aquellas que orientadas a la intervención de contextos particulares. Dichas publicaciones terminan de consolidar los Estudios de Diseño Educativo como una metodología de investigación que permite la intervención educativa basada en el diseño. De manera que la investigación en educación no se limita a la identificación de problemas de aprendizaje de los estudiantes, sino al diseño educativo de contenidos específicos orientado a contextos de aprendizaje particulares (Rinaudo & Donolo, 2010).

En este sentido, es necesario señalar que el propósito de toda investigación de diseño conlleva al aporte de *teorías* para precisar o modificar una teoría existente sobre el aprendizaje de un contenido específico. La investigación basada en el diseño ayuda a entender las relaciones entre la teoría educativa, el material diseñado y la práctica educativa, lo que implica que se avanza en la construcción de *teorías* en ambientes educativos complejos (Reigeluth & Lizenberg, 2012; Design-Based Research Collective, 2003).

Cabe señalar que en el diseño educativo la finalidad es diseñar, implementar y evaluar ambientes de aprendizaje en el mundo real; de modo que sea posible generar unas *teorías de dominio específico* (o teorías prácticas) sobre un tópico de las ciencias, las cuales son predilectas por su complejidad en las aulas de clase. De esta manera, es posible dar solución a las distancias (casi abismales) entre la investigación en el campo educativo y los problemas en el aula de clase (Brown, 1992; Collins, 1992).

Se debe agregar que, el desarrollo de teorías de dominio específico permiten perfeccionar las prácticas educativas en un área disciplinar. A partir del desarrollo de dichas teorías es posible probar y refinar conjeturas sobre el proceso de aprendizaje de un contenido. Por lo tanto, es posible un aporte teórico en el campo educativo de un tópico específico que puede modificar los saberes existentes o proponer nuevas teorías (Reigeluth & Lizenberg, 2012). Igualmente, estas teorías le brindan al profesor orientaciones específicas sobre los recursos y las estrategias más apropiadas para fomentar y fortalecer el proceso formativo del estudiante (Confrey, 2006, Urbano & Rivas, 2017; Candela, 2016).

Por otra parte, es necesario reconocer que el diseño, desarrollo e implementación de dichas teorías debe estar precedida por personas expertas. Lo anterior se plantea teniendo en cuenta que la práctica del diseño educativo es un proceso complejo, que debe tener en cuenta muchos factores a la hora de responder a un problema en el aula de clase. Dicho lo anterior, se presentarán algunas características y principios fundamentales en el diseño, cada uno orienta el diseño de un material de enseñanza teniendo en cuenta el contexto del aula de clase.

### **2.1.1 Características de los Estudio de Diseño Educativo**

En cuanto a las características diferenciales del diseño educativo como una metodología de investigación en el campo educativo hay que mencionar dos aspectos cruciales: el diseño, la implementación y la evaluación de las teorías de dominio específico, y las orientaciones teóricas sobre las cuales se fundamentan dichas teorías (decisiones curriculares e instruccionales). Ambos aspectos permiten la construcción de ambientes de aprendizaje innovadores y estructurados que apoyan el aprendizaje de un contenido disciplinar, el cual es puesto en práctica en el aula de clase para luego ser evaluado retrospectivamente por el profesor/diseñador a modo de perfeccionar su labor.

Las ventajas de esta metodología son el carácter reflexivo, ya que orienta al profesor/diseñador a través de unos modelos teóricos-prácticos provenientes de la investigación en educación, la psicología del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías de diseño instruccional y los marcos referenciales de los currículos estatales. Este carácter reflexivo promueve el desarrollo de una variedad de estrategias en beneficio de apoyar el aprendizaje del estudiante (Collins, Joseph & Bielaczyc, 2004).

### **2.1.2 Las Teorías de Dominio Específico.**

En primer lugar, las teorías de dominio específico son un conjunto de orientaciones teóricas y metodológicas que apoyan la enseñanza y el aprendizaje del estudiante en torno a un tópico específico. Estas teorías se basan en diferentes aspectos que dan solución a los problemas de la enseñanza, tales como: el conjunto de ideas que configuran el contenido; propósitos de aprendizaje; dificultades/limitaciones y concepciones alternativas; estrategias de enseñanza; formas de representar y formular las ideas; y la evaluación formativa del contenido; entre otros aspectos que responden a un contexto particular (Brown, 1990-1992).

De esta manera, las teorías de dominio específico se diferencian de las teorías filosóficas o las teorías científicas, las cuales son sistemas de ideas ordenados, hipótesis que son contrastadas con el contexto social, político (a veces ético) o la evidencia empírica con el objetivo de ser aceptadas o reformuladas en comunidades de conocimiento. El carácter de la teoría es determinado por la capacidad de predecir el comportamiento de la sociedad o de la materia (Bunge, 2014). Es decir, es un conocimiento que se pone a prueba para predecir y controlar la

realidad. No obstante, las teorías de dominio específico, aunque cuenta con un carácter predictivo en la enseñanza, su principal valor viene de su carácter *retrospectivo*, ya responde a las necesidades de un contexto enmarcadas en decisiones que pueden replantearse teniendo en cuenta la experiencia del profesor/diseñador.

En segundo lugar, conviene subrayar que estas teorías no son la “fórmula” para dar solución a los diversos problemas que se presentan en el aula de clase. Al contrario, las teorías de dominio específico son *prescripciones* que permiten dar solución a problemas de aprendizaje teniendo en cuenta las metas educativas planteadas para cada grado, entendiendo que cada nivel escolar tiene diferentes niveles de complejidad (Johnson & Christensen, 2008; Candela, 2016). De manera que, en la implementación y evaluación de una teoría de dominio específico, plasmada como un material de enseñanza, es posible que no se haya solucionado los problemas presentados en el aula, lo cual requiere una reformulación de la teoría a modo de reflexión. De ahí que el diseñador/profesor es capaz de replantear sus decisiones a favor de responder a las metas formuladas en el currículo escolar a través de la crítica y la retrospcción.

En resumen, las teorías de dominio específico son orientaciones teóricas y metodológicas que prescriben las decisiones a tomar en el aula de clase para dar soluciones a problemas educativos en torno al aprendizaje del estudiante. Dependiendo de la implementación y evaluación de las teorías de dominio específico es posible reformular algunas decisiones del profesor/diseñador a modo de mejorar y perfeccionar la enseñanza de un tópico particular. En este caso, el diseño de una teoría de dominio específico es un soporte teórico que va a orientar la enseñanza de los ciclos biogeoquímicos teniendo en cuenta la pedagogía general y el análisis del tópico en la ecología (Véase Capítulo IV).

## **2.2 TEORIAS DE APRENDIZAJE**

A continuación, se exponen las teorías de aprendizaje que iluminan el marco de referencia para el diseño del material de enseñanza. Si bien parece que cada teoría se contrapone una a otra debido a las diferencias entre los saberes de orden explicativo, dichas teorías se complementan, ya que permiten identificar las condiciones y necesidades de los estudiantes.

De manera que, la presentación de las teorías que se realiza a este trabajo no responde a un recuento histórico ni a un análisis aislado, el siguiente apartado define las teorías de aprendizaje

como una herramienta elemental para tomar decisiones en el diseño de un material de enseñanza sobre los ciclos biogeoquímicos. Así mismo, el diseño se ve fortalecido por las decisiones informadas y fundamentadas en el análisis del problema de enseñanza en cuestión. (Woolfolk, 2010).

### **2.2.1 Conductismo**

Es una de las teorías de la psicología educativa que han dominado en las clases de ciencias, pero que poco a poco ha dejado de ser el foco de la educación. Esto se debe a la continuidad de la tradición pragmática y empirista propia de Aristóteles (Leiva, 2005), así es como se le da prioridad a la asimilación de experiencias para desarrollar inferencias, lo que en el aula de clases se materializa en beneficiar la asimilación de información proveniente del mundo exterior, buscando la asociación, clasificación y observación del ambiente. De manera que, en el aula de clase se han adoptado algunas recomendaciones fundamentales del conductismo para asimilar los objetos en el ambiente: se aprende asociando estímulos con respuestas, el aprendizaje debe estar asociado al entorno, es necesario realizar refuerzos frente a lo aprendido, y el aprendizaje es memorístico (Woolfolk, 2010; Leiva, 2004; Candela, 2016)

Algunas indicaciones de la teoría conductista se enfocan en presentar un estímulo que genere una respuesta más cercana a las metas educativas planteadas en el aula. En este sentido, las teorías conductistas recomiendan que el profesor/diseñador de ambientes de aprendizaje debería facilitar “pistas” o “indicios” para que el estudiante pueda “extraer” o inferir ideas propias; también se deberían coordinar actividades que provoquen al estudiante a modo de estímulo para seguir su proceso formativo; finalmente, el profesor debería organizar las condiciones ambientales para favorecer o reforzar las respuestas del estudiante cercanas a las metas de aprendizaje (Ertmer & Newby, 1993; Woolfolk, 2010).

Aunque el modelo conductista es una opción limitada para el desarrollo del pensamiento crítico, es importante anotar que la mayoría de los investigadores en educación han pensado que las teorías conductuales son útiles en el desarrollo de metas de aprendizaje de nivel cognitivo básico, ya que permiten la asimilación de conocimientos elementales para definir e ilustrar conceptos; asociar discriminar y clasificar ideas; así como encadenar y asociar situaciones

(Ertmer & Newby, 1993). De manera que, el conductista permite avanzar en la construcción de saberes elementales para el individuo cuando se enfrenta a situaciones concretas.

En el desarrollo de esta propuesta, se ha planteado el uso de indicios para que el estudiante pueda inferir ideas a partir de situaciones observadas en la realidad. Es decir, se remiten a situaciones de la naturaleza y el contexto como objetos de estudio que son accesibles al análisis. De manera que los ciclos biogeoquímicos son un modelo que posibilita explicar los cambios en la realidad, y este acercamiento permite la comprensión del modelo. Además, se considera fundamental el refuerzo de algunos conceptos en la secuencia de actividades.

### **2.2.2 Cognitivismo**

Dadas las necesidades de desarrollar un pensamiento crítico, fue importante algunos estudios sobre los procesos cognitivos complejos, enfocados en promover el procesamiento mental de la información. Al respecto, es interesante destacar que el aprendizaje se debe a cambios en las estructuras en las cuales se recibe, organiza, almacena y localiza información. Por tanto, el conocimiento es una actividad mental que conlleva una codificación y estructuración de información por parte del estudiante. El estudiante deja de ser un sujeto pasivo que recibe información del ambiente a ser un estudiante activo, participe del proceso de aprendizaje (Woolfolk, 2010; Leiva, 2004).

Las teorías cognitivas están enfatizadas en la organización de la información en la memoria, teniendo en cuenta la estructuración de esquemas mentales que utiliza el estudiante para conceptualizar, organizar y retener las ideas desarrolladas en clase. De ahí que el profesor tenga la tarea de comprender las experiencias de aprendizaje de los estudiantes (conocimientos previos); determinar la manera más eficaz para que el estudiante organice y estructure la nueva información; finalmente, es importante retroalimentar el proceso para facilitar la asimilación de un nuevo concepto en la estructura mental del estudiante (Ertmer & Newby, 1993).

En esta teoría se adhieren otras como el Procesamiento de la información, la cual influye en el desarrollo de estrategias que podrían ayudar en la reestructuración de las redes de conocimiento del estudiante. De manera que, dichos modelos son útiles para el diseño educativo de ambientes de aprendizaje en tanto que la teoría cognitiva no sólo debe relacionarse con los

saberes previos del estudiante sino también reconocer el carácter y el funcionamiento de la mente humana.

### **2.2.2.1 Teoría del Procesamiento de la información**

Como punto de partida, la teoría del procesamiento de la información profundiza en la capacidad de las memorias de los sujetos, así como en las habilidades para procesar la información proveniente de experiencias y conceptos presentados en las aulas de clase. Uno de los resultados de las investigaciones sobre la memoria ha sido el desarrollo de estrategias para que el estudiante esté capacitado en la solución de problemas a fin de darle sentido al mundo. Además, en éstos se ha llegado al consenso de que la estructura cognoscitiva de los sujetos está configurada por dos clases de memoria, a saber: memoria a largo plazo y memoria de trabajo. La primera tiene como función almacenar de forma diferenciada e integrada el conocimiento construido; en cuanto a la segunda, tiene como funciones mantener la información temporalmente y procesarla en las cadenas de razonamiento que se adhieren a la estructura cognoscitiva (Candela, 2017).

Algunos teóricos sostienen que las operaciones del cerebro se asemejan a la información procesada en una computadora, en la cual están operando varios sistemas de percepción y sistematización de información al mismo tiempo (Woolfolk, 2010). Para entender los procesos involucrados en la memoria este modelo teórico plantea que el aprendizaje se logra a través de la integración de la memoria sensorial, la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo. Es decir, la información adquirida por medio de los sentidos (memoria sensorial), luego es retenida temporalmente (memoria de corto plazo o memoria de trabajo), hasta que la información que es interpretada y comparada con conocimientos previos (memoria de largo plazo). Todo lo anterior influye en las estrategias diseñadas en el aula con el propósito de lograr que el estudiante asimile nuevas ideas en su red conceptual, lo que eventualmente le permite construir un sistema coherente de conceptos y conocimientos sobre el entorno [(Ertmer & Newby, 1993; Woolfolk, 2010; Johnstone, 2006) (Véase figura 1)].

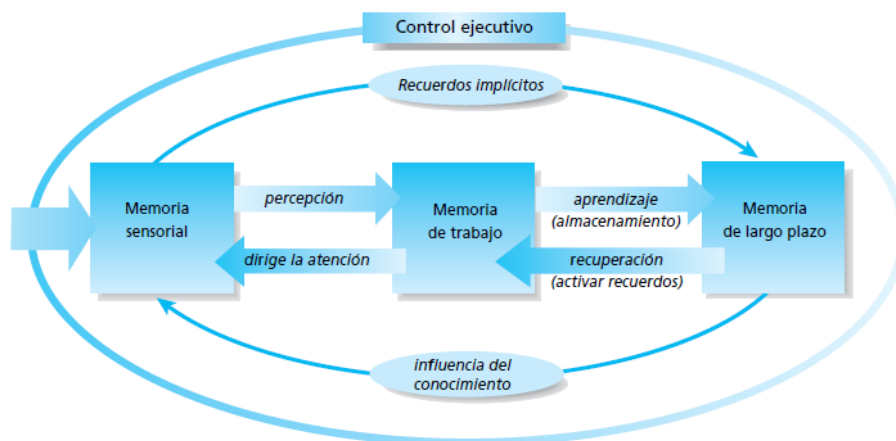


Figura 1. Sistema de procesamiento de la información, entendiendo el aprendizaje como un proceso de la memoria.

Fuente: Psicología Educativa de Woolfolk, 2010.

Además, la teoría señala algunas características de la memoria que son clave para el desarrollo del material de enseñanza. En primer lugar, la memoria sensorial es el procesamiento inicial que transforma los estímulos en información. Es decir, el estudiante puede reconocer pocas unidades de información (como imágenes, sonidos, olores o texturas) que llegan a la memoria sensorial en pocos segundos, donde la percepción y la atención del estudiante se centran en las unidades que puede asociar a algunos significados. De ahí que algunos materiales de enseñanza utilizan una gran cantidad de estímulos de manera repetitiva para mantener su atención, tratando de asociar algunos colores y representaciones significados desarrollados por el individuo anteriormente (Woolfolk, 2010; Cedrán, 2011).

En segundo lugar, la memoria de trabajo es donde se retiene la información para poder relacionar los significados existentes en el pensamiento y adherirlos a las estructuras de conocimiento. De manera que, la memoria de trabajo cuenta con recursos mentales para realizar procesos complejos como el razonamiento, la toma de decisiones, la codificación, la comprensión del lenguaje y la transferencia de información, lo que lleva a enriquecer la memoria a largo plazo. Una de las explicaciones para entender el funcionamiento de la memoria de trabajo tiene que ver con la limitada capacidad de retentiva, ya que no es posible retener y darle sentido a información nueva, al mismo tiempo. En consecuencia, el profesor/diseñador debe tener en cuenta que la memoria del sujeto tiene una capacidad limitada para adoptar nuevos elementos, así la capacidad real de procesamiento simultáneo de la memoria de trabajo es de  $5 \pm 2$  elementos (Candela & Viáfara, 2014).



En algunos casos, la clase de ciencias contiene varios y nuevos contenidos que “saturan” la memoria de trabajo del estudiante. No es posible para los individuos mantener y procesar la información de los nuevos. Sobre todo, cuando se utilizan diferentes niveles de representación, tanto abstractos como simbólicos, que son propios de las ciencias, pero ajenos al pensamiento del estudiante. Por lo tanto, resulta necesario tener en cuenta que los nuevos contenidos deben enlazarse con los conocimientos previos, a modo de evocar los significados y las representaciones que el individuo es capaz de mantener y procesar (Woolfolk, 2010; Cedrán, 2011; Candela, 2017).

En tercer lugar, la memoria a largo plazo es la información adquirida, procesada y retenida que permanece en estado inactivo o latente como un recuerdo. En esta memoria se mantienen redes de conocimiento, esquemas explicativos, episodios e imágenes. Tiene capacidad ilimitada para mantener información, aunque permanece en estado inactivo hasta que una tarea o situación lo exige. Para el profesor/diseñador es crucial tratar de construir redes de conocimiento en las cuales se integren los nuevos conocimientos en la memoria de largo plazo (Cedrán, 2011).

Por lo tanto, el maestro debe tener en cuenta la relación de la información nueva con los conocimientos existentes (elaboración); la estructura de información nueva que permite jerarquizar los conceptos y experiencias (la organización); y, el entorno físico y emocional que influye en el estudiante (el contexto). Así, la adquisición y retención de información en la memoria a largo plazo implica reconocer varios factores a la hora de desarrollar estrategias de enseñanza (Woolfolk, 2010).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, el diseño de un material de enseñanza no debe ser el uso indiscriminado de elementos aislados que dispersan la atención y saturan la memoria. Al contrario, las estrategias de enseñanza orientadas por la Teoría del Procesamiento de la Información deben poner a prueba sus esquemas explicativos previos, así como integrar mejor la estructura cognitiva del estudiante. Lo anterior es posible si se considera el uso de estímulos externos que expongan los conocimientos previos del estudiante y el uso justo de nuevos conceptos para ser procesados (Woolfolk, 2010; Johnstone, 2006; Leiva, 2004).

Aunque la perspectiva cognoscitiva es relevante para reconocer el funcionamiento de la memoria, hay otras perspectivas que se concentran en el aprendizaje de los individuos como la

perspectiva constructivista del aprendizaje, orientada en el aprendizaje activo y la interacción social en la construcción de su conocimiento.

### **2.2.3 Constructivismo**

En este sentido, el constructivismo reconoce que el aprendizaje y la comprensión es un sistema complejo donde el individuo crea significados a partir de sus propias experiencias. Esta postura se contrapone al conductismo y el cognitvismo que reconocen que el conocimiento se construye a partir del mundo real y externo al estudiante. Este nuevo enfoque implica que el ser humano construye significados e ideas a partir del mundo real, es decir, dichos significados no están implícitos en el objeto de estudio que pueden ser adquiridos por la observación y la experimentación, al contrario, el sujeto construye nuevos sentidos por sus acciones en el entorno físico y social (Ertmer & Newby, 1993).

Aunque hay diferentes perspectivas constructivistas, la mayoría de estas teorías coinciden con que el aprendizaje parte de un individuo activo que tiene interacción con su entorno natural y social. En este trabajo se retoman algunos aportes del constructivismo cognitivo y el constructivismo sociocultural, ya que aportan elementos clave en el diseño de estrategias que fomentan la participación del estudiante en su aprendizaje (Ertmer & Newby, 1993; Woolfolk, 2010)

#### **2.2.3.1 Constructivista-Cognitivo**

Uno de los trabajos más importantes del constructivismo es la teoría del desarrollo cognoscitivo de Jean Piaget, que hace referencia al cambio progresivo en el pensamiento del niño con relación al desarrollo biológico desde la infancia a la adultez. Es decir, Piaget explica como el individuo tiene habilidades distintas para reunir y organizar la información que le permite entablar relaciones con su entorno físico. Este sistema teórico permite identificar algunos factores que condicionan al estudiante por sus particularidades (Woolfolk, 1996). En este caso se analizan algunas condiciones que pueden influir en el aprendizaje de los ciclos biogeoquímicos que se deben tener en cuenta en el diseño de un material de enseñanza.

Un aspecto por considerar es la capacidad para construir estructuras de conocimiento como resultado de la interacción entre el sujeto y el objeto. Dichas estructuras se deben principalmente

por funciones biológicas que permiten la adaptación a situaciones de cambio en el entorno. En este sentido, Piaget considera que el aprendizaje se debe a procesos esenciales como la asimilación y la acomodación. De manera que, la asimilación se entiende como la capacidad de integrar elementos exteriores a estructuras de conocimiento en evolución o acabadas. Los conocimientos del sujeto se transforman en la medida que interactúa con el entorno y le da significado a los nuevos estímulos, ideas y objetos (Saldarriaga, Bravo & Loor, 2016; Woolfolk, 2010).

Sin embargo, la asimilación no explica la continuidad de las estructuras de conocimiento o la integración de nuevos elementos a estas estructuras. De modo que, este proceso se complementa con la acomodación. Lo anterior implica que las estructuras de conocimiento se modifican para dar sentido a nuevos objetos y situaciones de la realidad que le permiten al individuo superar el *desequilibrio mental* que resulta al enfrentarse a las transformaciones del entorno (Saldarriaga, Bravo & Loor, 2016). Tanto la asimilación y la acomodación son funciones que permiten al individuo llegar a un equilibrio en el desarrollo cognitivo. La relación entre estas funciones son claves frente a los conflictos cognitivos, en los cuales el sujeto se cuestiona frente a los nuevos estímulos, ideas y objetos. En definitiva, esta teoría nos orienta frente a las posibilidades del estudiante para adaptarse a un nuevo contenido disciplinar.

Por otra parte, el diseño de este material está dirigido a estudiantes de séptimo grado (niños entre 11 a 13 años) que se encuentran finalizando la etapa de *operaciones concretas* e iniciando la etapa de *operaciones formales*. Más cerca de la primera etapa que la segunda. En dicho periodo se desarrolla el pensamiento “práctico”, en la cual se cuenta con la capacidad para reconocer la estabilidad lógica del mundo físico; la noción de que las sustancias se transforman y conservan algunas de sus características; y entender que se pueden revertir ciertos cambios. En esta etapa las tareas mentales están relacionadas con los objetos y situaciones específicas, con niveles de abstracción básicos o menos complejos (Woolfolk, 2010). En otras palabras, aunque la principal característica de esta etapa es su “practicidad”, el sujeto también entiende las leyes de la conservación y es capaz de clasificar y completar series, así como revertir mentalmente algunos procesos.

A modo de profundizar, es necesario considerar que el sujeto sea capaz de resolver problemas de conservación si cuenta con tres aspectos básicos de razonamiento: la identidad, la

compensación y la reversibilidad. El primer aspecto consiste en la conservación de propiedades observables y no observables propias de **la identidad**. Es decir, si no se agrega ni quita nada, el material permanece igual. El segundo aspecto es la **compensación**, entendiendo que, si hay un cambio aparente en las condiciones, este puede compensarse con otra condición adversa. El tercer y último aspecto racional, la **reversibilidad** se considera como la capacidad del sujeto para entender que se pueden revertir las condiciones y transformaciones (Woolfolk, 2010).

Estos aspectos facilitan al estudiante la construcción de estructuras de conocimiento más abstractos y complejos, tales como los cambios físicos y químicos de la materia en los ciclos biogeoquímicos. Ahora bien, el estudiante como sujeto tiene dificultades al enfrentar problemas de identidad frente a los cambios físicos y químicos. Es un proceso difícil de asimilar por su carácter abstracto, ya que no se puede ver las causas submicroscópicas de los cambios, ni es “práctico” en la realidad inmediata. Es decir, la mayoría de los conceptos son representaciones que nos ayudan a interpretar fenómenos a escala submicroscópica que no son medibles bajo la mirada de los sucesos macroscópicos, es necesario abstraer la identidad de los objetos en átomos y moléculas que no son medibles ni observables.

Lo que lleva a que el diseño esté orientado a centrarse en la conservación de la identidad de los átomos y moléculas, abstrayendo la identidad de los objetos en elementos básicos de la materia que pueden ser interpretados y analizados. En consecuencia, el material de enseñanza debe exponer que, aunque existen reacciones químicas donde las moléculas pierden su identidad, los átomos aún conservan sus características a pesar de la transformación de sus moléculas (como es la conservación del carbono en los procesos de respiración). Del mismo modo, los cambios físicos cambian la apariencia macroscópica de las sustancias como resultado al arreglo submicroscópico de las moléculas, sin modificar la identidad de estas partículas (como es el caso de los estados del agua).

Hay que mencionar que resultan relevantes algunos aspectos de la etapa de operaciones formales: por una parte, el sujeto avanza al nivel más alto de desarrollo de estructuras mentales; por lo tanto, es un individuo que piensa más allá del presente, formando teorías sobre su entorno que pueden considerarse a la hora de definir o solucionar un problema (Lawson, 1994; Woolfolk, 2010). Sin embargo, en este trabajo se hace necesario partir de la **practicidad** del estudiante, sin dejar de lado la potencialidad en el desarrollo de estructuras mentales complejas.

Tomando como referencia los anteriores presupuestos, se considera que la conservación de la identidad de átomos y moléculas toma un papel clave en la comprensión de los ciclos biogeoquímicos. Dicho brevemente, las moléculas conservan su configuración frente a los cambios físicos en el ciclo del agua, de manera que las transformaciones macroscópicas (de sólido a líquido y luego a gaseoso) se deben a la influencia de la energía en la distribución del arreglo molecular. Por otra parte, los ciclos biogeoquímicos resaltan como los átomos conservan sus características esenciales al enfrentarse a reacciones químicas, ya que la transformación de las moléculas de glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ , monosacárido compuesto por 6 átomos de carbono) o amoníaco ( $NH_3$ , compuesto del nitrógeno) no influyen en la estructura de sus átomos, ya que el carbono y el nitrógeno siguen fluyendo en la naturaleza como átomos con propiedades y características propias. Por lo tanto, el enfoque del diseño de un material de enseñanza con coherencia intracurricular, debe fomentar el razonamiento sobre la conservación de la identidad de las moléculas a lo largo de los cambios físicos, y la conservación de los átomos en las reacciones químicas. De esta manera, se profundiza en la conceptualización de las transformaciones químicas y físicas desarrollados en grados anteriores y, utilizados en grados superiores de bachillerato.

Si bien el desarrollo biológico y las capacidades adaptativas del sujeto juegan un papel relevante en el aprendizaje, es necesario tener en cuenta su entorno. Es decir, en ese proceso de asimilar y acomodar nuevos conceptos en las redes de conocimiento influye el contexto, el cual permea el comportamiento y la disposición para afrontar nuevos conocimientos. Consideremos ahora algunos aspectos sobre la perspectiva sociocultural que condiciona las estrategias dentro del aula.

### **2.2.3.2 Perspectiva Sociocultural**

Precisamente, desde la psicología se reconoce la influencia del contexto social y cultural en el aprendizaje del estudiante a partir de algunos estudios de Vygotsky. Estudios enfocados en el papel del contexto para construir conocimiento y la influencia de las interacciones sociales en el aprendizaje. En primera instancia es necesario considerar las relaciones sociales como un elemento básico para profundizar el conocimiento sobre lo conocido y promover el acercamiento a lo desconocido. En segunda instancia se plantea la necesidad de reconocer el lenguaje como un

punto de convergencia que favorece el encuentro entre los expertos y los novatos. A continuación, se realizan algunas acotaciones sobre estas dos consideraciones.

Para explicar la relevancia de las relaciones sociales, la teoría sociocultural se apoya en la Zona de Desarrollo Próximo (ZDH), la cual indica que, en cualquier nivel de desarrollo, el sujeto cuenta con la capacidad de resolver problemas si es capaz de interactuar con otros en su mismo nivel o un nivel superior. De ahí que, se reconozca el valor del trabajo cooperativo como una forma de superar las dificultades para resolver problemas que pueden superar las capacidades del individuo. Aparte del trabajo cooperativo, es imperante la ayuda o guía de un profesor que oriente la labor y el razonamiento del sujeto ante un problema o un fenómeno. De manera que se ubica al estudiante entre lo que conoce y lo que está preparado para aprender (Woolfolk, 2010).

Por lo tanto, en los estudios de diseño, las teorías cognitivas y las teorías socioculturales sobre el aprendizaje no son excluyentes, al contrario, son teorías complementarias que permiten entender el aprendizaje como un proceso biológico, enmarcado en una etapa de desarrollo, pero también como un proceso social, que involucra a unos otros para confrontar e interpretar el mundo. De modo que, durante el diseño del material de enseñanza es necesario incluir tareas que favorezcan el trabajo colaborativo dependiendo de las capacidades de los estudiantes. Es decir, el trabajo en equipo no debe ser utilizado indiscriminadamente en todas las sesiones, sino estructurar aquellas que pueden favorecer a diferentes grupos, tanto la comprensión como la convivencia.

En otro sentido, un sistema semiótico común en el aula de ciencias naturales se define como el conjunto de signos y representaciones que hacen parte del lenguaje que legitima y caracteriza las disciplinas de ciencias, el cual debe ser aprendido por los estudiantes como parte de la alfabetización científica que persigue el currículo estatal. De ahí que, establecer un sistema semiótico común en el aula es una necesidad que favorece la interacción de los estudiantes permitiéndole construir significados de la ciencia a partir de la realidad cotidiana. En otras palabras, el conjunto de representaciones funciona como un puente entre los conceptos abstractos de las ciencias, los conocimientos del profesor/diseñador, las ideas previas y preconcepciones del estudiante.

El sistema semiótico común también puede definirse como una de las estrategias comunicativas de las comunidades científicas, las cuales representan sus saberes con modelos y

símbolos. Es decir, las ciencias naturales se acreditan como campo de conocimiento a través de un sistema complejo de representaciones de la realidad, a saber: nivel de representación macroscópico, nivel de representación submicroscópico y nivel de representación simbólico. El primero, permite describir el fenómeno a partir de la memoria sensorial del sujeto con el entorno. El segundo, posibilita la explicación del comportamiento de la materia, evocando los modelos teóricos en torno al átomo, las moléculas, los iones, etc. El tercero es usado para interpretar y comunicar las propiedades de los fenómenos más allá de la descripción, para ello se realizan ecuaciones, gráficos o modelos. En el aula de clases se adoptan estos niveles de representación y se utilizan para abordar al estudiante sin hacer diferenciación e integración entre cada uno (Johnstone, 2006; Candela & Viáfara, 2014).

En este sentido, una de las consideraciones más importantes para promover el encuentro por medio del lenguaje es el manejo de un sistema de representación claro y concreto sobre el contenido que quiere tratar. De manera que, los estudiantes pueden confluír con el profesor a través de las representaciones del contexto, y luego construir un modelo explicativo desde un sistema de signos más complejos. Lo anterior demanda que el profesor no “salte” de un nivel de representación a otro, ni tampoco confunda al estudiante con otro tipo de representaciones que resultan ambiguas. Por eso, los materiales de enseñanza deben reconocer e integrar los niveles de representación de las ciencias como una parte importante en la construcción de un lenguaje común que permita la comprensión del tópico en cuestión (Johnstone, 2006).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, en este material de enseñanza es importante promover el trabajo cooperativo en sus justas proporciones, no dejar todas las tareas individuales o en equipos, sino moderar el tipo de actividades que signifiquen un reto para el estudiante. Por otra parte, lograr un lenguaje común a través del reconocimiento, la interacción e integración de los niveles de representación, dejando claro que cada nivel aporta a la comprensión del fenómeno natural. En el caso particular de los ciclos biogeoquímicos resulta que existen diferentes representaciones que sirven para describir el flujo de la materia. Desde dibujos que hablan de los cambios macroscópicos mezclado con símbolos, hasta signos que utilizan ilustraciones submicroscópicas para explicar los cambios químicos. Este “salto” de niveles de representación que hacen los libros de texto (como algunos profesores) se debe replantear bajo otra perspectiva, más allá de la “mezcla” indiscriminada, se deben diferenciar e integrar los niveles de representación con la finalidad de favorecer la comprensión y no la confusión (Candela, 2016)

Aunque la teoría sirve al diseñador/profesor como un horizonte hacia los medios y objetivos que se deben alcanzar dadas las capacidades del estudiante, no es suficiente para enfrentar la complejidad que presume la administración de un salón de clases. Por eso, es necesario retomar algunos aspectos de la pedagogía general, que permite centrar el trabajo del profesor/diseñador.

## **2.3 PEDAGOGÍA GENERAL**

En pocas palabras, la pedagogía general es un sistema de conocimientos que orientan y definen la planeación, el desarrollo, la reflexión sobre los procesos de aprendizaje y enseñanza, así como la evaluación de la disciplina. Es una herramienta clave para gestionar el aula de clase, ya que permite construir e interiorizar técnicas y estrategias que faciliten el aprendizaje y mejoren la enseñanza de ciertos contenidos (Candela, 2016).

De modo que, este sistema de conocimientos es resultado de la integración de conocimientos que le brindan al diseñador/profesor las bases conceptuales y metodológicas para construir actividades de enseñanza, aprendizaje y evaluación más apropiadas a las condiciones del aula. En consecuencia, la pedagogía general, lejos de considerarse un marco teórico inerte, es uno de los pilares para el diseño de ambientes de aprendizaje informados por la investigación y la literatura académica. Los elementos que conforman la pedagogía general son las rutinas, las técnicas, las estrategias y los modelos de enseñanza que permiten consolidar y favorecer el aprendizaje (Abell, Appleton & Hanuscin, 2010). A continuación, se tratan algunos de estos elementos a modo de definir algunas estrategias que se utilizan en el material de enseñanza en cuestión.

### **2.3.1 Rutinas**

Las rutinas son una serie de acciones y situaciones que el profesor/diseñador orienta para dinamizar las actividades de aprendizaje (Candela, 2016). Lo que lleva a establecer unas normas de comportamiento dentro del aula, con el propósito de mantener un lenguaje común, donde prevalezca el respeto entre los mismos estudiantes y hacia el profesor. Algunas rutinas son la base para el desarrollo de actividades, tales como levantar la mano, organizar el aula, el discurso



dialógico y la distribución de los materiales. Cada una de estas rutinas legitima y fortalece el ambiente de aprendizaje diseñado por el profesor/diseñador.

En primer lugar, levantar la mano es una forma de negociar y coordinar la participación del estudiante frente a un amplio grupo de trabajo. Como resultado se generan espacios de discusión sobre ideas previas y concepciones alternativas que influyen en el proceso de aprendizaje. En segundo lugar, organizar el aula es una acción fundamental para estructurar y desarrollar las tareas y actividades de aprendizaje, de ahí que organizar los asientos en círculo abierto fomenta el debate, mientras que formar pequeños círculos de trabajo promueve el trabajo colaborativo. Las decisiones del profesor se orientan a las metas de aprendizaje coordinadas con el currículo estatal. En tercer lugar, se cuenta con la transacción en el aula, es decir, el discurso dialógico. Esta rutina permite la interacción de los estudiantes y el profesor, de manera que comparten ideas bajo un lenguaje sociocultural común. Ahí se relacionan los conocimientos de la realidad cotidiana y los saberes del conocimiento científico. Por último, cabe señalar la distribución de los materiales curriculares para la conformación de grupos de trabajo, en los que se asignan roles y responsabilidades. Lo anterior favorece el trabajo cooperativo en la medida que se evite la congestión o la falta de materiales (Candela, 2016).

### **2.3.2 Técnicas**

Por otra parte, las técnicas son acciones de enseñanza individuales que son utilizadas en las aulas de las diferentes disciplinas. Desde luego, las técnicas están integradas a la estrategia de enseñanza y las rutinas que el docente utiliza. En este sentido, es necesario conocer las técnicas utilizadas en el aula de ciencias a modo de reconocer algunos aspectos claves que permiten la gestión del aula.

En cuanto a las técnicas utilizadas en el aula de ciencias hay que destacar particularmente cuando el profesor/diseñador explica una idea y formular preguntas dentro del aula. Estas acciones dinamizan y dan continuidad al desarrollo de la clase. La primera acción ha sido dominada por los profesores conductistas para presentar la realidad de modo que el estudiante sea capaz de asimilarla. No obstante, en la actualidad, el profesor debe explicar una idea a partir de un problema, es decir, generar en el estudiante la necesidad de saber o conocer su entorno, lo que lleva al profesor indagar sobre la realidad de los estudiantes. En consecuencia, el

profesor/diseñador puede utilizar metáforas, demostraciones, ejemplos o simulaciones con el propósito de relacionar lo que el estudiante quiere saber y el conocimiento científico.

De la misma manera, la segunda acción está relacionada con la primera. Hacer preguntas al estudiantado fomenta la necesidad de saber y facilita el seguimiento a la comprensión conceptual en el aula. Aunque algunos profesores sienten que preguntar al curso lleva al silencio, la pregunta indaga al estudiante sobre lo que sabe (muy a pesar de su pasividad). Por esto, ante el silencio se debe tener en cuenta que tipos de preguntas pueden favorecer la indagación del estudiante en sus propias redes conceptuales. En estos casos, es mejor formular primero preguntas cerradas (menos exigentes) y luego preguntas abiertas (preguntas más complejas, de descripción, comparación, explicación o predicción) que lleven a profundizar en lo que sabe y lo que no se sabe. De la misma manera, la clave de la pregunta está en el tiempo dado para que el estudiante interprete y responda la pregunta, a mayor tiempo el estudiante elabora respuestas más complejas porque está utilizando su memoria de trabajo. Además, se debe tener en cuenta la distribución de la pregunta en el aula, no priorizar a algunos y dejar a otros de lado (Candela, 2016).

En este material, se tiene en cuenta los tipos de preguntas que pueden indagar en un estudiante que está en la etapa de construcción de modelos abstractos. Es decir, preguntas abiertas sencillas (descriptivas y comparativas) para luego indagar a partir de preguntas más complejas (explicativas). De este modo, se promueve la acomodación de las redes de conocimiento que tiene el estudiante.

### **2.3.3 Estrategias de Enseñanza**

De la pedagogía general es posible extraer estrategias o métodos para incentivar el aprendizaje de la gran mayoría de las disciplinas. La estrategia se entiende como un proceso en el que se integran las rutinas y técnicas para desarrollar el contenido en el aula de clase. De manera que, son una herramienta pedagógica que permite mediar en la construcción de estructuras de conocimiento teniendo los aspectos esenciales de la gestión del aula (Candela, 2016)

Las estrategias son una herramienta pedagógica para mediar el proceso de construcción de sentido y desarrollo de significados. Cada estrategia utilizada por el profesor se asemeja a un puente que permite a los estudiantes relacionar sus saberes con el contenido.

En este caso, se deben considerar estrategias que faciliten la integración de nuevos saberes a las estructuras de conocimiento de los estudiantes. Es decir, que los conocimientos cotidianos se pongan a prueba frente a nueva información. Al igual que en otros materiales de enseñanza, se considera POE (Predecir, Observar y Explicar) como poderosa herramienta que pone a prueba al estudiante al enfrentarse a situaciones cotidianas y la nueva información, propia de las ciencias (Candela, 2016; Hernández & López, 2011).

### **2.3.3.1 Predecir, Observar, Explicar (POE)**

Esta estrategia de enseñanza permite conocer que tanto comprenden los estudiantes sobre un tema. En un primer momento las tareas están orientadas a ***predecir*** los resultados de un experimento o alguna experiencia con la finalidad de hacer explícitos las redes conceptuales del estudiante. La finalidad es que el estudiante se acerque al fenómeno y al contenido que se desea enseñar. En un segundo momento el estudiante tiene contacto directo con el fenómeno interactuando con las condiciones que lo limitan. En este momento, el estudiante ***observa*** y extrae información desde sus sentidos y ponen manifiesto su capacidad para comparar y describir el fenómeno, dependiendo de sus capacidades el profesor puede orientar la observación. El último momento consiste en construir ***explicaciones*** que permitan desarrollar un modelo causal sobre el fenómeno, lo que lleva al estudiante a contrastar las ideas iniciales con lo observado. El propósito de esta fase es que el estudiante pueda desarrollar interpretaciones a través de los conceptos y conocimientos desarrollados en el aula (Hernández & López, 2011; Candela, 2016; Urbano & Rivas, 2017).

En el aula tiene un papel clave los niveles de representación, ya que los estudiantes tienden a generar hipótesis desde el nivel macroscópico sin tener en cuenta los otros dos niveles de representación. En consecuencia, cuando sus hipótesis no coinciden con las observaciones, es posible que el estudiante comprenda que existe algo más allá de lo “evidente”, lo que lleva a desarrollar modelos abstractos, acercándose a niveles de representación submicroscópicos y

simbólicos. En este caso, el POE es una estrategia que permite al estudiante enfrentarse a las ideas del ciclo y el flujo de elementos en la naturaleza.

Para el desarrollo de la estrategia POE se consideran algunas tareas que permiten estructuran y secuenciar los diferentes momentos en el aula de clase. En este sentido, se reconocen las tareas **preinstruccionales** como aquellas que preparan al estudiante sobre las acciones a realizar, así como la activación de conocimientos y experiencias previas, tales como: *la enunciación de objetivos* que se pretenden cumplir en cada sesión; así como *los organizadores previos* que se utilizan para contextualizar e introducir el nuevo contenido a partir de experiencias previas. Por otra parte, están las tareas **coinstruccionales**, las cuales apoyan la construcción de estructuras mentales sobre los contenidos de ciencias, algunas de ellas son: *el uso de ilustraciones* que permiten la representación de objetos o situaciones específicas por medios visuales; *el uso de analogías*, las cuales por medio de proposiciones indican una cosa o evento (conocido y familiar) similar a otro (desconocido y abstracto); *el uso de redes semánticas* que requiere la representaciones gráfica de conceptos y sus interrelaciones; así como *la utilización de mapas conceptuales* que utilizan el espacio para establecer relaciones de jerarquía entre conceptos. Finalmente, las tareas **posinstruccionales** que pretenden formar una visión sintética e integradora del contenido presentado, algunas de estas tareas pueden ser: *las redes semánticas y los mapas conceptuales*; así como las *preguntas intercaladas*, las cuales son preguntas reiterativas que enfrentan al estudiante al contenido; y *los resúmenes finales* que permiten sintetizar la información relevante de la clase, enfatizando en conceptos, términos y argumentos claves (Díaz-Barriga & Hernández, 2002).

#### **2.3.4 Modelos de enseñanza**

Los modelos se definen como el conjunto estructurado de rutinas, técnicas y estrategias de enseñanza. De manera que se articulan las teorías del aprendizaje como un conjunto de conocimientos que permiten orientar al estudiante, las rutinas y técnicas como un conjunto de acciones para coordinar el aula, y las estrategias como un proceso que permite desarrollar un contenido particular. En este caso, se aborda el Ciclo de Aprendizaje como uno de los modelos más eficaces en la enseñanza de las ciencias, ya que permite andamiar el aprendizaje de los estudiantes a la estructura de conocimiento reconociendo la complejidad de la información (Karplus & Thier, 1967; Lawson, 1994).

### **2.3.4.1 Ciclo de Aprendizaje**

Es un modelo teórico que permite comprender el aprendizaje a través de un proceso que produce un desequilibrio mental que exija al estudiante examinar la suficiencia de sus nociones y conceptos. De manera que se obliga al estudiante a exponer sus ideas para discutir las y comprobarlas en un proceso dirigido y controlado por el profesor/diseñador. Así, cuando dichas ideas caen en contradicción, el sujeto tiene la oportunidad de adquirir conceptos más apropiados y adoptar nuevas destrezas a la hora de enfrentarse a un problema (Lawson, 1994; Woolfolk, 2010). El ciclo de aprendizaje cuenta con tres fases: la exploración, la introducción y la aplicación de conceptos. Ahora se conceptualiza cada fase y su aplicación en el material de enseñanza.

La primera fase consiste en ***la exploración*** del objeto de estudio, es decir, el acercamiento a un fenómeno nuevo con orientaciones mínimas que exija al estudiante exponer sus ideas previas. De modo que el fenómeno que se presenta genera inquietudes que no suelen resolverse desde el razonamiento habitual, sino que es necesario analizar y debatir para argumentar ideas alternativas (Lawson, 1994). Una fase de exploración intensiva puede llevar a generar hipótesis argumentadas y fomentar el diseño de experiencias para su comprobación posterior.

La segunda fase es ***la introducción*** de conceptos que orientan el estudio del objeto, en otras palabras, se presentan argumentos conceptuales que pueden ayudar en la explicación del fenómeno. La introducción de nuevos conceptos es orientada por el profesor con la posibilidad de que los estudiantes examinen la información y las ideas expuestas en la fase de exploración (Lawson, 1994). La introducción de conceptos no se remite a la exposición unidireccional, sino que es necesaria la interacción de pares, las fuentes bibliográficas y otros medios de información que retroalimenten las estructuras mentales del sujeto.

La tercera y última fase es ***la aplicación***, la cual se desarrolla a partir de la consistencia o contradicción de la hipótesis y los datos obtenidos en la fase de exploración con otros fenómenos conocidos. De este modo, se intenta solucionar problemas en diferentes contextos que exigen el uso y la reflexión de las ideas previas y los conceptos aprendidos (Lawson, 1994). La aplicación se caracteriza por ser el cierre que pone a prueba los conocimientos aprendidos en nuevos problemas, fomentando el desarrollo de estructuras mentales complejas.

Ahora bien, reconociendo los diferentes elementos a tener en cuenta en la enseñanza de un contenido particular, resulta imperante delimitar algunas ideas y principios del diseño de materiales de enseñanza que orientan la estructura del trabajo.

## **2.4 PRINCIPIOS DE DISEÑO**

En concordancia con todo lo anterior, existen unos elementos que conforman un sistema coherente de decisiones curriculares e instruccionales que estructuran los recursos y ambientes de aprendizaje. En este sentido, el Currículo y el Diseño Instruccional cuentan con unos elementos que orientan el diseño educativo que deben tenerse en cuenta en el desarrollo de una Teoría de Dominio Específico, dichos elementos son los principios del diseño que se asumen en este trabajo, tales como 1) Coherencia curricular; 2) Metas de aprendizaje; 3) Selección del contenido; 4) Diagnóstico de las dificultades de enseñanza y aprendizaje; 5) Técnicas y estrategias de enseñanza; y, 6) Evaluación formativa y sumativa (Belloch, 2013; Candela 2016). Es necesario anotar que la mayoría de estos principios se formulan en trabajos de diseño educativo con varias definiciones, por ello es necesario delimitar y definir cada uno a modo de estructurar el diseño del material de enseñanza.

### **2.4.1 Coherencia curricular**

Ahora bien, el currículo colombiano integra diferentes programas, metodologías y procesos para formar individuos integrales, potenciales ciudadanos que tienen derechos y responsabilidades con el Estado (Quintero & Zarazo, 2009). En base a ello se jerarquizan y estructuran temáticas en los planes de estudio institucionales. Sin embargo, la mayoría de las instituciones que pretenden cumplir con todo el programa estatal (o gran parte de éste) desarrollan un currículo fragmentado, con metas de aprendizaje disgregadas que no permiten al estudiante asociar los contenidos y conocimientos a lo largo de su formación académica. Es decir, hay una falta de coherencia curricular que impide mantener la integridad y alineación de las metas de aprendizaje (Vasco, 2006; Candela, 2016).

Por lo que el desarrollo de una unidad curricular coherente incluye que las unidades deben estar integradas para formar una estructura lógica, la cual permite al estudiante aprender los contenidos y habilidades progresivamente entre los grados. De ahí que, la coherencia curricular

como principio de diseño transversal exige tener en cuenta aspectos tales como: la secuenciación de los contenidos esenciales que sirven para comprender la ciencia, la profundidad con la que dichos tópicos son estudiados dentro y entre los grados, y, el ajuste a las metas de aprendizaje acorde a las necesidades y capacidades de los estudiantes (Schmidt, Wang & MacKnight, 2005; Candela, 2016).

Ahora bien, en el diseño educativo hay diferentes clases de coherencia curricular que tienen implicaciones en la estructura lógica y progresiva del currículo. Entre los tipos de coherencia curricular se destacan: la coherencia en las metas de aprendizaje, la coherencia entre las prácticas científicas y las actividades de aprendizaje, la coherencia intracurricular, la coherencia intercurricular, la coherencia en los estándares de contenido, la coherencia en la evaluación, la coherencia en el lenguaje, y la coherencia en el material de enseñanza (Candela, 2016).

En este trabajo, la coherencia intracurricular implica la alineación de los elementos de diseño que permiten la construcción de una unidad lógica y progresiva (metas de aprendizaje, selección del contenido, diagnóstico de las dificultades de enseñanza y aprendizaje, técnicas y estrategias de enseñanza, y evaluación formativa y sumativa). De manera que, el profesor/diseñador selecciona y descompone el contenido con el propósito de secuenciar los tópicos y las destrezas que estén acorde a las habilidades adquiridas en cursos anteriores, así como las posibles habilidades que son relevantes en cursos superiores (Harlen, 2012; Candela, 2016).

Acorde a lo anterior, el diseño de un material de enseñanza con coherencia intracurricular sobre los ciclos biogeoquímicos implica el diseño de una unidad que tenga una coherencia interna que fundamente el aprendizaje lógico y progresivo del estudiante. Así mismo, implica tener en cuenta las unidades anteriores y superiores en el mismo grado. Por consiguiente, este trabajo exige la alineación de los principios de diseño presentados a continuación.

#### **2.4.1.1 Referentes curriculares formulados por el Estado**

Desde la consolidación de la Constitución Política de Colombia en 1991, se hicieron esfuerzos para responder y formalizar el derecho a la educación. Por ello, en 1994 se estipuló una ley en la que se reglamentaba aspectos de la educación, por mencionar a algunos de ellos como:

definiciones claves, aspectos organizativos y la financiación del sistema educativo. En este trabajo tiene particular interés algunos aspectos que rigen la organización curricular. En este sentido, el Estado planteó, en su tiempo, que el Ministerio de Educación Nacional estableciera una serie de lineamientos curriculares para todas las áreas del conocimiento, mediante los cuales se plasmaron los criterios que orientan el currículo colombiano (Ley N° 115, 1994).

Ahora bien, los lineamientos curriculares rigen aspectos generales del currículo, en este caso, de ciencias naturales. Por lo que, los lineamientos dan cuenta de los referentes que establece el estado para estructurar el currículo que aporta al desarrollo de los ciudadanos formados en ciencia y tecnología. Razón por la cual, los principales referentes del currículo de ciencias cuentan con unos referentes filosóficos y epistemológicos que definen el carácter del conocimiento científico, también cuenta con los referentes sociológicos que reconocen el carácter social de la escuela, así como los referentes psico-cognitivos que delimitan las capacidades y habilidades de los estudiantes en la construcción de saberes sobre su entorno (Ministerio de Educación Nacional, 1998).

En resumen, los lineamientos orientan el desarrollo de otros referentes curriculares como los Estándares Básicos de Competencia, los Derechos Básicos de Aprendizaje y la Matriz de referencia. A continuación, se realiza un recuento de cada uno de ellos.

En primera instancia, los Estándares Básicos de Competencia (EBC) son criterios claros y públicos sobre los que se definen los niveles básicos de la educación a los que tienen derecho todos los niños del país. Los elementos clave de los estándares son las *competencias ciudadanas*, definidas como un conjunto de conocimientos, habilidades cognitivas, emocionales y comunicativas. Aunque el enfoque de los EBC son las competencias, no se dejan de lado los contenidos, ya que muchas de estas dependen de los conceptos desarrollados en el aula (Ministerio de Educación Nacional, 2006; Batista & Gaviria, 2017).

A manera de entender como son los EBC, es importante reconocer la estructura de la que se vale para secuenciar y jerarquizar las competencias y contenidos que deberían desarrollarse en la clase de ciencias naturales a lo largo de los grados. Por lo que, los estándares para cada ciclo (1 a 3, 4 a 5, 6 a 7, 8 a 9, y 10 a 11) presentan aquello que el estudiante debe *saber* y *saber hacer*. Se ejecutan por unas acciones de pensamiento y de producción concretas que aparecen desglosadas en tres columnas, a saber: me aproximo al conocimiento como científico(a) natural,



manejo conocimientos propios de las ciencias naturales, y desarrollo compromisos personales y sociales (véase Fig. 2). Dichas acciones de pensamiento le permiten al profesor/diseñador orientar el proceso de enseñanza y aprendizaje desarrollando una serie de procedimientos y evidencias que facilitan la apropiación de una competencia ciudadana (Ministerio de Educación Nacional, 2006)



Figura 2. Estándares Básicos de Competencias de los grados 4º a 5º reconociendo su estructura. Fuente: Ministerio de Educación Nacional, 2006.

Por lo tanto, es necesario articular las acciones de pensamiento para alcanzar el estándar de competencia. De la misma manera es importante integrar otros elementos, tales como los DBA y la Matriz de Referencia, que precisan el desarrollo, así como la evaluación de las acciones de pensamiento.

En segunda instancia, se encuentran los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), que están muy relacionados con los Estándares ya que sirven como complemento para la construcción de propuestas curriculares. Se consideran *derechos* porque definen un conglomerado de saberes y habilidades fundamentales que se espera que cada estudiante aprenda al finalizar un grado. Este referente curricular es un apoyo al profesor para promover las competencias desde unas evidencias específicas, que eventualmente se evalúan en las pruebas de estado (Saber 11). Es decir, los DBA plantean elementos claves para construir probables rutas de aprendizaje en cada grado, acordes a los lineamientos curriculares estatales de los Estándares (Ministerio de Educación Nacional, 2016).

A diferencia de los Estándares, los DBA están estructurados para cada grado, en el que se muestran una serie de habilidades y conocimientos a los que tienen que responder los estudiantes a partir de unas de evidencias, así como unos ejemplos que pueden dar pistas para la planeación de las unidades en cada grado (véase Fig. 4). Los DBA no reemplazan una propuesta curricular, sólo orientan la labor profesoral en función de los procesos de aprendizaje de los estudiantes, por lo que apoyan el alcance de los Estándares de cada ciclo de aprendizaje (Ministerio de Educación Nacional, 2016).

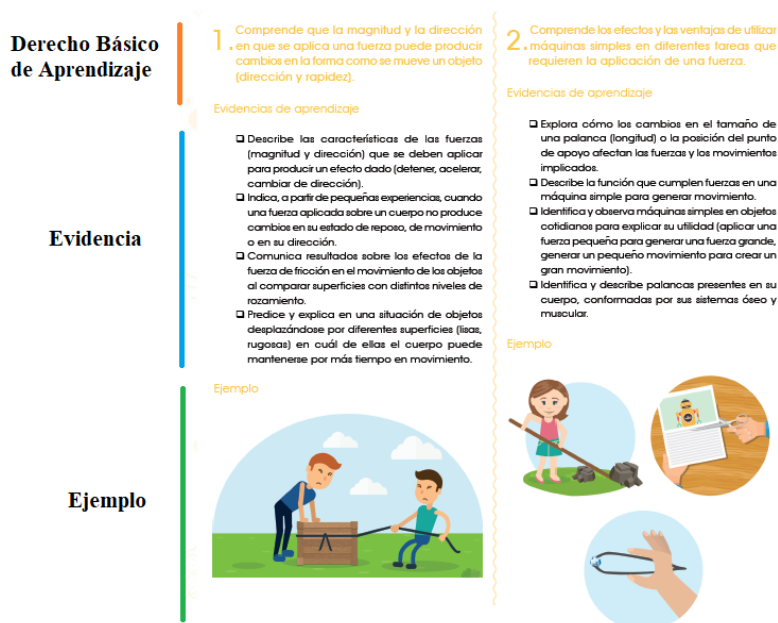


Figura 3. Derechos Básicos de aprendizaje del grado 4° reconociendo su estructura. Fuente: Ministerio de Educación Nacional, 2016.

En última instancia, está la Matriz de Referencia, la cual identifica, secuencia y precisa los aprendizajes que se evalúan en las Pruebas Saber desde cada competencia. Es un cuadro de doble entrada que establece relaciones entre las competencias, los aprendizajes y las evidencias que garantizan el desarrollo del currículo estatal, por ello se denomina como *matriz*.

COMPONENTE COMPETENCIA	ENTORNO VIVO	
	APRENDIZAJE	EVIDENCIA
<b>Competencia</b>  USO DE CONCEPTOS	Analizar cómo los organismos viven, crecen, responden a estímulos del ambiente y se reproducen.	Identifica que los seres vivos se reproducen de diferentes formas para mantener la variabilidad genética.  Reconoce la estructura y función de la célula, tejidos, órganos y sistemas y los diferentes niveles de organización en un ser vivo (célula, tejido, órgano, sistema, organismo).  Establece relaciones entre los órganos de un sistema y entre los sistemas de un ser vivo para el mantenimiento de una función vital (nutrición, respiración, circulación, fotosíntesis).
	Comprender cómo la interacción entre las estructuras que componen los organismos permiten el funcionamiento y desarrollo de lo vivo.	Identifica cómo los organismos obtienen y usan la energía necesaria para su desarrollo y crecimiento.  Identifica que todos los seres vivos están compuestos por una o varias células, y que la interacción entre alguno de sus componentes celulares permite su interacción con el entorno.
	Comprender que en un ecosistema los seres vivos interactúan con otros organismos y con el ambiente físico, y que los seres vivos dependen de estas relaciones.	Identifica los componentes bióticos y abióticos involucrados en la dinámica de los ecosistemas y las interrelaciones existentes entre estos componentes.  Relaciona características morfológicas de los organismos con condiciones medioambientales adecuadas para su sobrevivencia o viceversa.
		<b>Evidencia</b>

Figura 4. Matriz de Referencia del grado 4° reconociendo su estructura para promover la evaluación formativa.

Fuente: Ministerio de Educación Nacional, 2015.

La estructura de la Matriz permite articular diferentes aspectos de los Estándares y los DBA en la construcción de una evaluación enfocada en las competencias. De manera que es un elemento que apoya la planeación y aplicación de la evaluación formativa entre los grados y a lo largo de todo el ciclo escolar. Por lo tanto, la matriz es un material complementario en la construcción de planes de estudio, al igual que los EBC y los DBA (Ministerio de Educación Nacional, 2015).

### 2.4.2 Metas de aprendizaje

Las metas de aprendizaje son muy diferentes de las metas de rendimiento que en general se plantean como una finalidad entre los cursos. Es decir, las metas de aprendizaje persiguen la adquisición de nuevas habilidades y conocimientos que permitan conocer la realidad, aunque se cometan algunos errores; mientras que las metas de rendimiento insisten en la obtención de una valoración positiva por su capacidad para adoptar un concepto. Son enfoques distintos para abordar metas en el aula (e incluso hay muchos más) que influyen en el estudiante sobre su forma de actuar y enfrentar el nuevo contenido presentado en el aula. Por lo tanto, las metas de aprendizaje (o centradas en la tarea) proponen una búsqueda del sujeto hacia la realidad con el objetivo de mejorar como individuo; por otra parte, las metas de rendimiento (o centradas en el

“yo”) reflejan la necesidad del sujeto por demostrar su competencia y capacidad para obtener juicios positivos (González, Valle, Núñez & González, 1996).

De modo que, las metas de aprendizaje bien pudiesen ser considerados conocimientos, habilidades, destrezas o actitudes que fomenten el desarrollo integral del individuo, más allá de la valoración positiva frente a pruebas específicas. En pocas palabras, las metas de aprendizaje direccionan al estudiante para razonar sobre la realidad desde una postura activa. Por consiguiente, se debe considerar las metas de aprendizaje como un principio elemental del diseño dirigido por la coherencia intracurricular de cada curso, y está en concordancia con la selección de la gran idea, como veremos en el siguiente apartado.

### **2.4.3 Selección del contenido: *la gran idea***

Una “Gran Idea” no se entiende como un cuerpo de hechos o teorías rígidas que deben ser completadas como un listado de objetivos completadas como si de un producto se tratase. Al contrario, las grandes ideas son conceptos que le permiten al estudiante explicar eventos y fenómenos que tienen relevancia más allá del ámbito escolar. Por lo tanto, en el campo educativo, las grandes ideas no reflejan los conceptos estructurales de las ciencias naturales y exactas, sino que representan las ideas claves que permiten alcanzar las metas de aprendizaje que el profesor/diseñador ha seleccionado. Dadas las circunstancias, las “grandes ideas” de las ciencias se llevan al aula porque son conceptos esenciales del conocimiento científico que posibilitan un acercamiento a la realidad (Mulhall, Berry & Loughran, 2003; Harlen, 2012; Candela, 2016).

Igualmente, la “gran idea” está conformada por la integración de las sub-ideas, las cuales permiten la descomposición del contenido en unidades de conocimiento interrelacionadas y coherentes. Las sub-ideas permiten al profesor/diseñador abordar ideas gradualmente para favorecer la comprensión del tópico en general (Candela, 2016; Gallardo & Torres, 2016). El criterio de selección y descomposición tiene el propósito estructurar las ideas o conceptos que se pueden usar para explicar y hacer predicciones sobre fenómenos en el mundo natural. Cada gran idea se vincula con ideas más abarcadoras, específicas y complejas en las ciencias (Harlen, 2012).

#### **2.4.4 Caracterización de las dificultades de enseñanza y aprendizaje**

En el diseño se desarrollan estrategias de enseñanza más adecuadas ante dificultades de aprendizaje y enseñanza de un contenido. Por esta razón, resulta relevante comprender y caracterizar las dificultades o ideas alternativas, ya que permiten seleccionar y prescribir las mejores estrategias y técnicas para superar dichas ideas (Candela, 2016). En este sentido, la caracterización de dificultades como principio de diseño incluye: el reconocimiento de las ideas que el estudiante utiliza en su cotidianidad, así como las habilidades o condicionantes del estudiante para abordar contenidos complejos o abstractos.

Además, es necesario considerar algunas dificultades para presentar el contenido, que muchas veces depende del uso de estrategias o materiales inadecuados a las habilidades del estudiante. En muchos casos la caracterización de dificultades depende de un diagnóstico tipo *pretest*, sin embargo, en este caso, es necesario considerar el conocimiento proporcionado por la investigación educativa en ciencias y algunos apuntes de la literatura científica.

#### **2.4.5 Técnicas de enseñanza**

En lo que toca a las estrategias y técnicas de enseñanza, es necesario reiterar que son un conjunto de procedimientos, acciones, tareas o recursos que sirven para mediar el proceso de construcción de sentido y desarrollo de significados. La selección de las estrategias responde al criterio del profesor/diseñador ante las dificultades de enseñanza. Por ello, se considera que la selección de técnicas y estrategias son un principio de diseño que debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar un ambiente de aprendizaje (Candela, 2016; Hernández & López, 2011).

De la misma manera, las estrategias de enseñanza se caracterizan por ser tareas orientadas por la intención de las metas de aprendizaje. Por lo tanto, cada acción puede orientar al estudiante en el corredor conceptual diseñado por el profesor/diseñador. Algunas de estas ya han sido mencionadas como son el POE, el Ciclo de Aprendizaje, así como la explicación de una idea, la formulación de preguntas, y las tareas instruccionales que pueden responder a las necesidades de los estudiantes, teniendo en cuenta los criterios del profesor/diseñador.

### **2.4.5 Evaluación formativa**

En muchos contextos, la evaluación se entiende como la acción de realizar mediciones sobre características o propiedades de un objeto, hecho, situación o las habilidades de un individuo. Sin embargo, la evaluación educativa debe considerar otros factores que van más allá de la simple medición de destrezas o conocimientos, es necesario considerar su capacidad para monitorear, regular y controlar el desarrollo de las sesiones en el aula. De esta manera, la evaluación como principio de diseño reconoce las dificultades y destrezas de los estudiantes para la toma de decisiones a lo largo del proceso (Díaz-Barriga & Hernández, 2002; Rosales, 2014; Fernández, 2017).

En este sentido, la *evaluación formativa* se centra en el seguimiento de las acciones del estudiante, lo que permite obtener información sobre los resultados y adecuar el trabajo pedagógico. En consecuencia, esta se puede representar por medio de una valoración cualitativa que retroalimente las acciones del estudiante y las labores del profesor/diseñador.

Es necesario resaltar que un referente clave es la Matriz de Referencia, que permite definir acciones de aprendizaje con la evaluación por medio de las evidencias. De esta manera, se reconocen los saberes y habilidades que evalúa el estado para acceder a la educación superior (Ministerio de Educación Nacional, 2015). Por consiguiente, se considera la *evaluación sumativa*, ya que es el punto de partida del sistema educativo para garantizar que el estudiante ha adquirido las habilidades previstas en las metas de aprendizaje propuestas que servirán para aprendizajes posteriores (Díaz-Barriga & Hernández, 2002; Rosales, 2014).

## **2.5 ANÁLISIS CONCEPTUAL SOBRE LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS**

En el siguiente apartado se analizarán los aspectos conceptuales de los ciclos biogeoquímicos, los cuales están determinados por el movimiento de un elemento o un compuesto en concreto. Aunque hay muchos elementos que están presentes en la naturaleza, se consideran fundamentales el ciclo del agua, el ciclo del carbono y el ciclo del nitrógeno, ya que son ciclos que ilustran la conservación de la identidad de los compuestos y elementos ante reacciones físicas o químicas de la naturaleza. Además, permiten establecer las relaciones entre los elementos vivos e inertes de los ecosistemas. En este sentido, este apartado hace un análisis

general de los ciclos biogeoquímicos mencionados teniendo en cuenta la literatura en ciencias y otros aportes en la literatura de la enseñanza de las ciencias.

### **2.5.1 CICLOS BIOGEOQUÍMICOS**

Antes que nada, el ecosistema está determinado por los elementos, a saber: los componentes abióticos o condiciones ambientales, que en conjunto se denominan biotopo; y la comunidad biótica -o seres vivos- que componen la biota o biocenosis. Entre estos elementos se establecen diversos tipos de relaciones que permiten su funcionamiento. Para mantenerse es necesario el uso de energía que permite transformar la materia utilizada en cada uno de sus procesos (Nebel & Wright, 1999).

Aunque la energía tiene un curso unidireccional, muchos elementos y compuestos inorgánicos circulan a través de los ecosistemas de forma cíclica. Lo anterior se explica porque uno de los principios fundamentales de la física señala que *“la materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma”*, indicando que todos los elementos que forman parte del abastecimiento y subsistencia de los sistemas naturales del planeta sufren transformaciones, pero mantienen sus propiedades básicas. Dichos elementos, a medida que cambian, se “mueven” e intercambia por las capas (la biosfera, geosfera, atmósfera e hidrosfera) que hacen parte de los ecosistemas. De manera que, los ciclos biogeoquímicos como modelo explicativo permiten entender el intercambio y flujo cíclico de los elementos que hacen parte de los procesos naturales (Odum & Sarmiento, 1998; Valverde, Meave, Carabias & Cano, 2005; Curtis & Schnek, 2008).

Ahora bien, no todos los ciclos son los mismos para todos los elementos que hay en los ecosistemas porque los materiales requieren diferentes condiciones para desplazarse. Algunos elementos reaccionan de forma distinta ante la presencia de energía y las condiciones del ambiente, dados los casos, algunos elementos se desplazan lentamente en diferentes capas, por lo que su análisis puede tomar años o incluso décadas en diferentes lugares. De la misma manera, hay otros elementos y compuestos que circulan “rápidamente”, lo suficiente para hacer un seguimiento a las transformaciones químicas y físicas en los ecosistemas (Odum & Sarmiento, 1998).

Conviene señalar que, los ciclos biogeoquímicos pueden clasificarse, en primer lugar, ser ***sedimentarios***, también conocidos como ciclos locales; los cuales determinan el movimiento de elementos que se acumulan en el suelo como minerales (como el calcio, el fósforo, el azufre y el potasio, entre otros). La circulación de estos minerales es un factor limitante para la vida, tanto por su ausencia como por su exceso. A modo de ejemplo, si hay carencia de fósforo en el suelo es muy probable que las plantas crezcan con mayor dificultad o sean más pequeñas a comparación de otras plantas sembradas en suelos nutridos con fósforo. En caso contrario, el exceso de fosforo impide que las plantas absorban otros nutrientes como el hierro y el manganeso, lo que equivale una menor producción vegetal en la zona. En segundo lugar, los ciclos pueden ser ***atmosféricos***, conocidos como ciclos gaseosos o ciclos globales, ya que identifica como algunos elementos y compuestos circulan por los ecosistemas dado el intercambio continuo entre los seres vivos y no vivos (incluye elementos como el carbono, el nitrógeno y compuestos como el agua) (Odum & Sarmiento, 1998; Dajoz, 1979).

En este trabajo no se aborda la enseñanza de los ciclos sedimentarios dadas sus características y grados de especificidad, porque implica un análisis más detallado del suelo y la determinación de las características de minerales concretos, que de por sí implica conocer como algunos compuestos se forman al interactuar con el agua y el oxígeno presente en el suelo, reacciones más complejas, que no necesariamente atañen al desarrollo de las capacidades del estudiante de grado séptimo. Con esto no se desmeritan algunos trabajos que consideran que el seguimiento de otros compuestos y elementos es relevante para la formación del estudiante. Sin embargo, dadas las intenciones y objetivos de este trabajo, así como las exigencias del currículo estatal, así como las necesidades y capacidades de los estudiantes, resulta que los *ciclos biogeoquímicos atmosféricos* son modelos básicos para entender la circulación de la materia en los ecosistemas. Además, permiten desarrollar un aspecto de razonamiento mencionado anteriormente: la conservación de propiedades observables y no observables propias de ***la identidad*** (Woolfolk, 2010; Luengas, 2014).

### **2.5.2 Ciclos biogeoquímicos atmosféricos**

Como modelo explicativo, los ciclos biogeoquímicos se representan, la mayoría de las veces, sobre un diagrama simplificado del flujo unidireccional de la energía, ya que refleja la importancia de la energía en el movimiento de la materia en los ecosistemas (Véase figura 5). La



representación de la circulación de la materia sigue este modelo, aunque en diferentes niveles de representación. Desde el uso de dibujos, como el uso de símbolos (por lo regular ecuaciones químicas) o simplemente la ilustración de flechas, el modelo sigue siendo el mismo. En el diagrama se expone cómo los elementos y compuestos están almacenados en depósitos (compartimentos o acervos) representados como la fuente y el destino, que bien pudiese estar en la atmósfera, la hidrósfera, la geosfera o la biosfera. Es decir, estos elementos y compuestos no están distribuidos uniformemente, ni tampoco mantienen una única forma en la naturaleza, ya que la presencia de energía contribuye a sus transformaciones tanto químicas como físicas (Odum & Sarmiento, 1998).

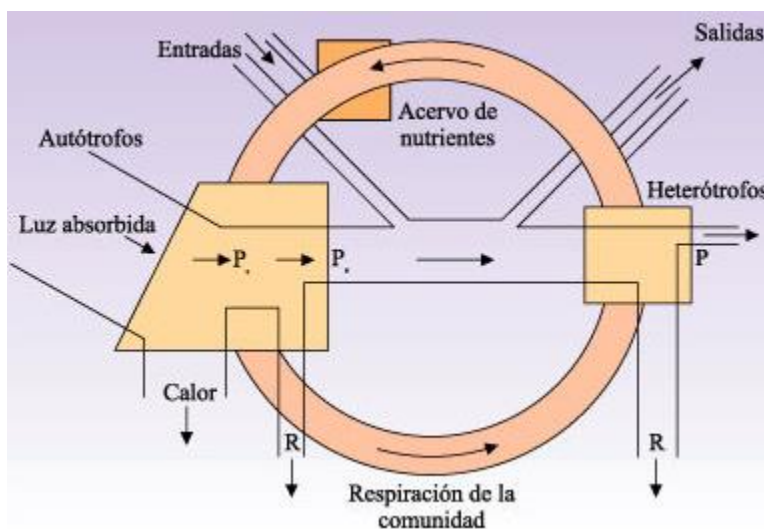


Figura 5. Modelo explicativo de los ciclos biogeoquímicos (parte sombreada) sobrepuesto a un diagrama simplificado del flujo de energía. Relaciones entre la circulación de la materia y la energía. Fuente: Ecología de Odum & Sarmiento, 1998.

La inclusión de elementos y compuestos inorgánicos al ecosistema no es un proceso sencillo. Los autótrofos (seres vivos que producen su propio alimento, las plantas) absorben energía solar y otros compuestos para producir masa o producción bruta (R) por medio de un proceso denominado fotosíntesis. Se entiende que la producción bruta es la materia orgánica producida que es la base de todos los ecosistemas, es decir, la materia vegetal. Se debe agregar que tanto el agua, como carbono (dióxido de carbono) y el nitrógeno (nitrato y amonio) son absorbidos por las plantas, que luego son consumidas y transformadas por los animales (heterótrofos o consumidores de primer nivel, seres vivos que no producen su propio alimento). Durante la transformación de estos compuestos, los seres vivos realizan trabajo y expulsan calor.

Dicho trabajo es representado como resultado de la respiración (R), proceso metabólico que sirve para producir energía. En resumen, la respiración es parte esencial de los ciclos biogeoquímicos atmosféricos porque elementos gaseosos son consumidos, transformados y expulsados por la biosfera, proceso que se revierte constantemente por la fotosíntesis (Odum & Sarmiento, 1998; Valverde et al, 2005).

Para concluir, se puede decir que los elementos y compuestos se almacenan en grandes depósitos en las capas de la tierra (la atmósfera, la hidrósfera, la geosfera y la biósfera). Los depósitos no están separados por una barrera, sino que mantienen conectados dadas las condiciones ambientales de los sistemas naturales, regularmente la salida de un depósito es la entrada de otro. A modo de ejemplo, la capa superior de la hidrosfera es la salida del vapor de agua hacia la atmósfera por la influencia de la energía solar. Por lo que, la materia inorgánica está disponible y es intercambiable para ser usadas una y otra vez por organismos vivos y el ambiente en diferentes formas. El movimiento va desde el ambiente hacia los organismos y luego a la inversa (Luengas, 2014).

### **2.5.2.1 El ciclo hidrológico**

Un tercio de la energía solar que llega al planeta es invertido para la circulación del agua en el planeta. Es decir, los cambios de estado del agua entre la hidrosfera, la atmosfera y la biosfera exigen grandes cantidades de energía que permiten reestructurar las relaciones intermoleculares del agua. Es así como el aumento de energía influye en el movimiento de las moléculas y la estructura de la sustancia, que a su vez lleva a los cambios físicos (sólido, líquido y gaseoso).

A nivel conceptual, el movimiento continuo del agua se caracteriza por la producción de vapor de agua en la superficie de las masas de agua (glaciares, lagos, ríos, arroyos o incluso el océano) por la presencia de energía solar. El vapor producido circula por la atmosfera, se precipita en forma de lluvia, se introduce a la superficie del suelo. Es probable que, al caer al suelo, el agua se evapore, se acumule en las masas de agua superficiales, o también puede filtrarse por el suelo y formar cuerpos de agua subterráneos que, al saturarse, salen a la superficie. Una parte del agua que se filtra por el suelo es absorbida por las raíces de las plantas y transpirado por las hojas en forma de vapor de agua, lo mismo sucede con los seres vivos, que

expulsan agua a través de la piel o superficie para mantener estable su temperatura, también expulsan urea (compuesto nitrogenado) por medio de la orina para eliminar exceso de minerales o toxinas en el cuerpo (Odum & Sarmiento, 1998; Valencia y Zarate, 2012).

El modelo representa la circulación del agua por medio de dos fases: la *fase ascendente*, dependiente del sol como fuente de energía que evapora masas de agua (Véase figura 6). Así como la *fase descendente* como resultado de la liberación de energía en lagos, ríos y humedales, que a su vez influye en el flujo del agua en el subsuelo. Dichas fases se determinan por los cambios de estado, a saber: la evaporación, la condensación, la sublimación, la solidificación, y la fusión. Por otra parte, existen unos procesos físicos que influyen en la circulación: la precipitación, la percolación, escurrimiento y filtración.

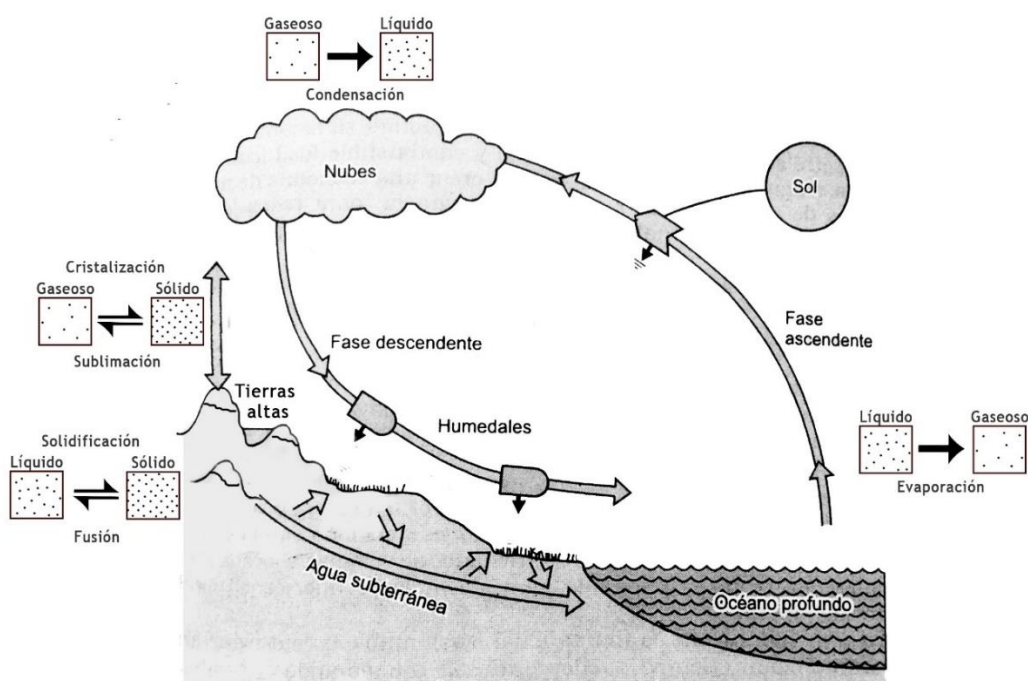


Figura 6. Modelo explicativo simplificado del ciclo del agua adaptado para abordar los tres niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico). Fuente: adaptación de Ecología de Odum & Sarmiento, 1998.

A modo de síntesis, los cambios de estado se pueden definir de la siguiente manera: La *evaporación* se concibe como el proceso por el cual la parte superficial de las masas de agua pasan de estado líquido a gaseoso por el aumento de la temperatura. Es decir, las partículas de agua, aunque conservan su identidad, empiezan a moverse y separarse por el incremento de

energía. Los animales y las plantas evapotranspiran agua por acciones del metabolismo que incrementa la temperatura corporal. El vapor de agua forma parte de la atmosfera hasta que las condiciones cambien. En contraste está la *condensación*, que consiste en que, por la disminución de la temperatura, el vapor de agua empieza a juntarse cada vez más, lo que lleva a que las pequeñas gotas de agua en las nubes en la atmosfera. Por lo tanto, el agua gaseosa empieza a condensarse hasta forman pequeñas gotas de agua. Es otro *cambio de estado* donde las partículas de agua dejan de moverse y se aproximan unas a otras, lo que modifica la estructura de la sustancia, pero la molécula sigue siendo la misma. Estos son los cambios de estado más reconocidos por su cercanía. Sin embargo, hay otros cambios de estado del agua que también hacen parte del ciclo del agua.

Por una parte, entre los polos, glaciares, tierras altas y masas de hielo cambian de estado por la presencia de energía solar o calor. El estado sólido puede pasar a estado gaseoso sin pasar por su estado líquido. Es decir, existe otro cambio de estado que aporta vapor de agua a la atmosfera, llamado *sublimación*. Las partículas sólidas y rígidas del hielo empiezan a moverse a mayor velocidad cuando la presión del vapor de agua en la superficie del hielo. El proceso contrario (de gaseoso a sólido) se conoce como *cristalización* o sublimación inversa.

Finalmente, otro cambio de estado que explica como los glaciares pasan de sólido a líquido por la presencia de la temperatura o cambios de presión se denomina fusión. En este caso, las condiciones llevan a las moléculas de agua a moverse por el cambio de las condiciones ambientales. El caso contrario es la solidificación, en el que el agua líquida pasa a sólido por la disminución de la temperatura.

Con respecto a los procesos físicos involucrados, podemos hacer referencia a la *precipitación* o lluvia, que describe como las gotas de agua condensada empiezan a caer sobre la superficie del suelo por la acción de la gravedad. Al llegar al suelo, el agua se desplaza por la superficie del suelo, proceso conocido como *percolación*. Una porción del agua que cae al suelo penetra la estructura porosa del suelo hasta llegar al nivel freático, este proceso se llama *filtración*. De modo que a cierta profundidad del suelo se forman masas de agua subterráneas llamadas acuíferos, los cuales sirven de abasto para masas de agua superficiales. Al contrario de lo que se piensa, el agua subterránea no permanece inmóvil como una parte del suelo, sino que, dependiendo de las características del suelo y su vegetación, el agua emerge y nutre los lagos y

ríos de la superficie. es una parte dinámica del ciclo hidrológico. Al igual que la precipitación, la filtración es un *proceso físico* porque no implica un cambio de estado. No obstante, no toda el agua se filtra por el suelo, a veces el agua fluye por la superficie y es la causa de la erosión, este proceso se conoce como *escorrentía* (Odum & Sarmiento, 1998; Valencia y Zarate, 2012).

### **2.5.2.2 El ciclo del carbono**

Aunque se considera más complejo que el resto de los ciclos biogeoquímicos por la gran cantidad de procesos involucrados en la transformación de los compuestos carbonados, este ciclo es uno de los modelos explicativos más importantes dada su relevancia para denotar los cambios climáticos y ambientales en el mundo. Hay fenómenos involucrados con el ciclo que son consecuencia (o han sido afectados) por la acción del hombre, tales como el efecto invernadero, el cambio climático o el calentamiento global (Apps, 2003).

Así, el ciclo del carbono resulta de la integración de la fotosíntesis (asimilación de dióxido de carbono para la producción de masa en las plantas) y la respiración (oxidación de glucosa para producir energía). Estos procesos hacen parte del llamado ciclo rápido del carbono. Sin embargo, existen otro tipo de relaciones. En primer lugar, los depósitos de carbono están en todas las esferas, se encuentra en la atmósfera (depósitos de dióxido de carbono y metano), en la biosfera (todo ser vivo está compuesto por carbono), litosfera (el suelo tiene grandes cantidades de carbono, como los yacimientos de hidrocarburos) y la hidrosfera (que posee gran cantidad de carbonato de calcio, que conforman las conchas y protectores de los seres vivos; sin contar la respiración del plancton que disminuye los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera) (Odum & Sarmiento, 1998; Mohan & Anderson, 2009; Campo, García, Navarrete & Siebe, 2016).

En segundo lugar, hay que contar la acción del hombre. A pesar de que es un ser vivo que respira y metaboliza compuestos carbonados por sí mismo, sus acciones van más allá, ya que el desarrollo de tecnología le ha permitido perfeccionar reacciones como la combustión, que ha desbalanceado la circulación y reciclaje del carbono por la emanación constante de dióxido de carbono (Odum & Sarmiento, 1998).

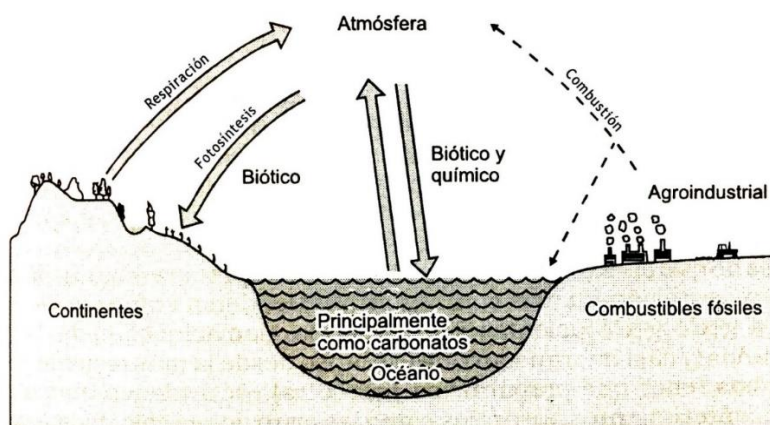
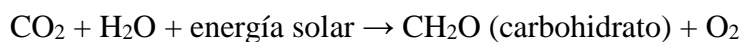


Figura 7. Modelo explicativo simplificado del ciclo del carbono adaptado a nivel simbólico. En la fotosíntesis se absorbe el dióxido de carbono, al contrario que en procesos como la respiración y la combustión que se produce. Fuente: adaptación de Ecología de Odum & Sarmiento, 1998.

De modo que, este ciclo puede resumirse como la circulación y transformación del carbono por reacciones de síntesis y oxidación realizadas por los seres vivos, incluyendo al hombre (Véase figura 7). En este sentido, es relevante tener en cuenta el modelo que da cuenta de estas transformaciones a nivel simbólico, exponiendo las principales transformaciones implicadas: la fotosíntesis, la respiración y la combustión (Mohan & Anderson, 2009).

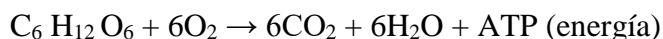
En resumidas cuentas, se entiende la fotosíntesis como un proceso fisicoquímico por el cual las plantas (también las algas y bacterias) utilizan la energía para sintetizar compuestos orgánicos a partir del dióxido de carbono y agua. Mejor conocido como: “el proceso mediante el cual las plantas producen su propio alimento”. Se elabora la savia elaborada (el alimento de la misma planta) y oxígeno. A nivel simbólico, la fotosíntesis se representa con una fórmula química que da cuenta de la formación de una molécula de carbohidratos y otra molécula de oxígeno.



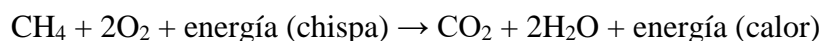
La explicación a este proceso parte de que la energía solar recibida por los cloroplastos permite descomponer la molécula de agua, quedando oxígeno e hidrógeno. Consecuentemente, el oxígeno se libera y se genera energía química (ATP) para transformar el  $\text{CO}_2$  en hidratos de carbono (Ocampo, 2014). Este fenómeno se enseña de forma aislada dado su nivel de abstracción, ya que es necesario comprender como el uso de energía física (luz solar) permite la

síntesis de compuestos. No obstante, es necesario integrar este fenómeno a los ciclos biogeoquímicos porque implica el movimiento y la transformación del carbono en los ecosistemas. En pocas palabras, es razonable que se aborde este tema independientemente por su complejidad, pero resulta contraproducente porque no se integra a la red conceptual de conocimientos sobre las transformaciones de la materia en la naturaleza.

Por otra parte, la respiración se entiende como proceso por el que los seres vivos intercambian gases con el medio ambiente. Sin embargo, más allá del proceso físico realizado por el hombre, la respiración es una serie de reacciones bioquímicas que permiten obtener energía (en forma de ATP) por medio de la oxidación de materia orgánica (por lo general glucosa). Por lo tanto, cuando se ingiere aire a través del sistema respiratorio se está capturando el oxígeno necesario para que la célula transforme los compuestos carbonados en dióxido de carbono, agua y energía (generalmente para hacer trabajo). De la misma manera que la fotosíntesis, la respiración es un tema aislado del ciclo del carbono dada la cantidad de conceptos necesarios para tratar de representar los cambios fisicoquímicos que realiza un organismo en el intercambio de gases y las transformaciones químicas. A nivel simbólico, la respiración difiere mucho de la fotosíntesis, ya que se degrada una molécula de carbohidratos y otra molécula de oxígeno (Curtis & Schnek, 2008; Chang, 2003).



Por último, es necesario mencionar la combustión, como un proceso fisicoquímico que se asemeja a la respiración por ser necesario oxígeno, pero no está mediado por un ser vivo, sino que depende de las propiedades del combustible. Debido a esta dependencia es posible determinar la cantidad necesaria de oxígeno para obtener energía en forma de calor. Por consiguiente, la combustión permite explicar la reacción fisicoquímica de un hidrocarburo (u otro combustible) al reaccionar con el oxígeno, en el proceso de descomposición se libera calor y se forman otros compuestos como dióxido de carbono y agua, una reacción exotérmica. A nivel simbólico, la reacción general de la combustión es:



Finalmente, conviene señalar que los océanos son depósitos o acervos de carbono en forma de bicarbonato, que es el responsable de los niveles de pH en los ecosistemas acuáticos. Para explicar este fenómeno, partimos de que el dióxido de carbono en la atmósfera es asimilado por

procesos de fotosíntesis, respiración y descomposición propios de los seres vivos en el lecho marino. De ahí, el carbono presente en el océano es transformado en diferentes compuestos del propio ambiente, como es el caso del ácido carbónico (o bicarbonato):



La presencia del ácido carbónico en los océanos condiciona el pH, que en la actualidad se ha acidificado (se ha reducido de 8.21 a 8.10), afectando diversos ecosistemas marinos. Además, el bicarbonato puede reaccionar con el calcio para formar piedra caliza que llega al fondo de los océanos o que sirve como material para que algunos animales puedan protegerse (conchas, esqueletos, caparazones, etc.).

Este proceso es continuo y hace parte de las transformaciones del carbono en el ambiente, tanto así que la variación en la circulación oceánica de carbono es la responsable del cambio climático, ya que los sumideros de carbono oceánico se han visto afectados por la creciente contaminación de los depósitos de agua que van a parar al océano (ríos, lagos, aguas subterráneas, etc.). En consecuencia, tener en cuenta que el ciclo del carbono depende del ciclo del agua permite establecer relaciones complejas sobre el flujo de la materia como un proceso integrado e interdependiente de diferentes factores (Odum & Sarmiento, 1998).

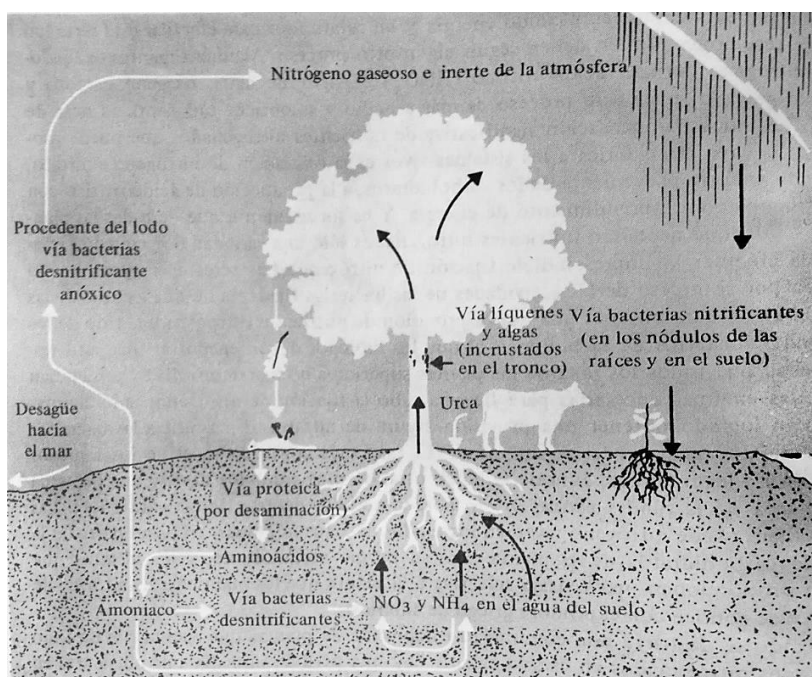
Sin embargo, dada la complejidad de la formación de ácidos, bases y sales en el océano por la absorción de dióxido de carbono, este tipo de contenido suele enseñarse en grados superiores, en los que se cuenta con conocimientos de química ya consolidados. Por consiguiente, las transformaciones del carbono en el océano se omiten en el material de enseñanza diseñado. Esta decisión se fundamenta en que es contraproducente enseñar un contenido si no se tiene la capacidad para reflexionar sobre él. En este caso, los estudiantes de grado séptimo estarían desarrollando modelos explicativos abstractos en sus primeras etapas y no tendrían el dominio suficiente sobre las transformaciones químicas de la materia. Con esto no se subestima la capacidad del estudiante, ni tampoco se desconoce la importancia en la comprensión de la circulación de carbono en los cuerpos de agua. Lo que se quiere decir es que es necesario retomar estas transformaciones a profundidad en grados superiores, cuando el estudiante cuente con conocimientos consolidados de química.



### 2.5.2.3 El ciclo del nitrógeno

Aunque se calcula que la atmósfera está compuesta de  $N_2$  gaseoso en un 79% del aire, no es posible transformar fácilmente este elemento gaseoso para integrarlo al flujo de la materia orgánica. Esto se debe en gran medida a que la molécula de dinitrógeno es muy estable por su enlace covalente apolar. Por tal razón, no todos los seres vivos son capaces de metabolizar o romper los enlaces de nitrógeno, incluso, no se conoce ningún eucariota que fije este compuesto gaseoso independientemente. Los únicos organismos capaces de reducir el dinitrógeno son los microorganismos.

De ahí que, las plantas ingresan y asimilan a la cadena alimenticia el nitrógeno orgánico ya reducido por los microorganismos, y luego los animales lo ingieren para formar otros compuestos, muchas veces esenciales, tales como los ácidos nucleicos (ADN y ARN), aminoácidos y proteínas, y otras moléculas fundamentales para el metabolismo. En resumen, el nitrógeno gaseoso debe pasar por una serie de transformaciones para que sea digerible para los seres vivos (Colinvaux, Ortega, Velasco & Lang, 1980).



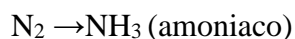
*Figura 8.* Modelo explicativo simplificado del ciclo del nitrógeno desde el nivel simbólico. El flujo de este elemento puede representarse desde la descomposición de materia orgánica, como la fijación de nitrógeno gaseoso por medio de bacterias nitrificantes, hasta el nitrógeno que se filtra al suelo por la lluvia y efluentes. Fuente: adaptación de Introducción a la Ecología de Colinvaux, Ortega, Velasco & Lang (1980)

En este sentido, el ciclo del nitrógeno se entiende como una serie de procesos físicos, químicos y biológicos por los cuales los compuestos nitrogenados se transforman al circular por el ecosistema (Véase figura 8). Dichos procesos se definen en fases (o etapas en algunos libros de texto) de acuerdo a la forma de estructurar las reacciones en las que está involucrado el nitrógeno (Luengas, 2014, CICEANA, 2009). El modelo que representa la circulación de este elemento es relativamente complejo por la serie de procesos que muchas veces sucede en el suelo a mediano y largo plazo.

Cabe mencionar que el suelo es un depósito de diferentes elementos y compuestos, lo cual permite la regulación de circulación de las sustancias entre los ecosistemas. Además, el suelo es el hábitat de diferentes seres vivos, desde los microorganismos que habitan en su interior, como organismos que se valen de las características de este para sobrevivir (como el hombre). Su conceptualización lleva a comprender que su estructura (arenosa, arcillosa, pedregosa o húmifera) depende de sus compuestos elementales, incluyendo la concentración de nutrientes, la cual depende de la presencia de nitrógeno.

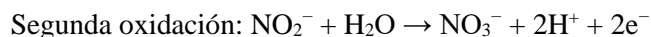
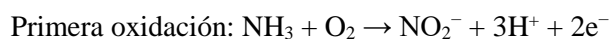
Por lo tanto, el ciclo del nitrógeno está involucrado en las complejas dinámicas del suelo. Es posible resumir las relaciones de este proceso desde su esencia: se fija el nitrógeno atmosférico en el suelo, se descompone, se asimila y se expulsa el exceso de nitrógeno a la atmósfera. Lo complicado de este modelo explicativo deriva en las relaciones existentes entre los diferentes elementos implicados, y las transformaciones en las que median los microorganismos, ya que estos no son perceptibles al ojo humano, sino que es necesario realizar análisis de laboratorio para determinar su presencia y sus acciones (CICEANA, 2009).

Las fases del nitrógeno se determinan por una “secuencia” que permite entender el origen y el destino de este elemento. Así, la primera fase sería *la Fijación*, la cual consiste en el ingreso de nitrógeno gaseoso al suelo por medio de algunos microorganismos (bacterias y cianobacterias). Así, el nitrógeno libre en la atmósfera se transforma por los procesos metabólicos de las bacterias libres o que se fijan en algunas plantas bajo una relación simbiótica (como el caso de las leguminosas, no leguminosas y algunas gramíneas). Por una parte, las bacterias reciben carbohidratos, mientras que la planta recibe nitrógeno asimilable. La fijación de nitrógeno es una reacción bioquímica que se representa simbólicamente como:



Lo anterior es resultado de la acción enzimática de la nitrogenasa, la cual descompone el nitrógeno gaseoso. Dicha enzima funciona en ausencia de oxígeno, lo que explica porque algunas bacterias se aíslan al vivir debajo de las capas de suelo entre las raíces o en las partes gruesas de estas, como sucede con los nódulos de las leguminosas. A esto se suma que es posible que la fijación de nitrógeno sea resultado de otras situaciones, como los eventos naturales (relámpagos o flujos de lava), así como la acción del hombre (uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos).

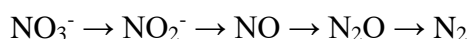
La segunda fase se conoce como *Nitrificación* (o mineralización), etapa muy relacionada con la anterior, ya que el amonio se oxida hasta formar nitrato por la acción de unas bacterias que están presentes en el suelo, los compuestos resultantes pueden ser asimilables para gran variedad de plantas. A diferencia del primer proceso, es necesario que la presencia de oxígeno, por lo que este proceso se produce en la superficie del suelo y los sedimentos. Se da en dos pasos sucesivos que permiten a la bacteria obtener energía:



La tercera fase, *Asimilación*, la cual consiste en los procesos que permiten a las plantas absorber los compuestos nitrogenados orgánicos para formar las moléculas esenciales, como los ácidos nucleicos (ADN y ARN), aminoácidos y proteínas, o para formar células o tejidos. En esta fase se incluyen a los animales, ya que asimilan los compuestos nitrogenados de las plantas para formar nuevas células y realizar sus propias funciones. Durante la cadena trófica los seres vivos permiten el flujo de la materia orgánica.

La cuarta fase se conoce como *Amonificación*, la cual describe como el nitrógeno orgánico presente en los organismos son degradados para ser utilizados por las plantas, ya que los compuestos nitrogenados orgánicos no pueden ser asimilados directamente. En otras palabras, los organismos tienen una gran cantidad de nitrógeno que cuando mueren es necesario pasar por procesos de descomposición que le permitan integrar esa cantidad de nitrógeno al ecosistema. El proceso libera nitrógeno al ambiente en forma de  $\text{NH}_4^+$  (ion amonio) que puede ser oxidado e integrado en la cadena trófica. En resumen, es una de las fases claves que permite el reciclaje de la materia, ya que es necesario transformar la materia desechada, para luego ser utilizada (Dajoz, 1979; Colinviaux, Ortega, Velasco & Lang, 1980).

Por último, la quinta fase, la *Desnitrificación*, proceso bajo el cual se reducen los nitratos a nitrógeno gaseoso. Se puede decir que las bacterias desnitrificadoras (incluso algunos hongos y arqueas) revierten la acción de las bacterias fijadoras, dado que “devuelven” el nitrógeno a la atmósfera. El proceso se lleva a cabo donde hay gran cantidad de materia orgánica bajo condiciones anaerobias, con alto pH y poca disponibilidad de agua. Se considera que este proceso ocasiona pérdida de minerales en el suelo y eventualmente lleva a la erosión. La representación simbólica del proceso es:



A comparación de los ciclos biogeoquímicos mencionados anteriormente, el flujo de nitrógeno depende en gran medida de las nociones sobre los seres vivos, el suelo y la atmósfera, por lo que es necesario entender las relaciones existentes entre estos componentes de antemano. En consecuencia, uno de los puentes que permite entender dichas relaciones es la conceptualización de la función de los microorganismos como mediadores que permite las transformaciones de los compuestos nitrogenados en el suelo.

Así, es posible promover el cambio en las primeras impresiones del estudiante sobre el suelo y la transformación de la materia, ya que muchas veces se omite por la incapacidad de ver o percibir estos diminutos organismos. He ahí que, más allá de la comprensión de las reacciones químicas, resulta imperante tener en cuenta las acciones de los seres vivos en el ambiente, dada su importancia en las transformaciones de la materia, especialmente en la transformación de compuestos nitrogenados (Maldonado, González y Jiménez, 2007; Rincón, 2011; Luengas, 2014).

### **CAPITULO III. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS**

A continuación, se exponen las decisiones metodológicas correspondientes para dar solución al problema de investigación. Así pues, se ha determinado que la metodología más adecuada es de orden cualitativo. En este sentido, se entiende que el modelo cualitativo de investigación va más allá de las preocupaciones estadísticas y racionales de problemáticas que no se pueden explicar desde la metodología cuantitativa. Dentro de esta metodología existe el método de análisis documental como uno de los tipos de investigación cualitativa, al igual que la entrevista o el análisis de caso (López, 2002). Cabe aclarar que dentro del análisis documental hay distintos enfoques sobre el tratamiento de la información, en este caso, es necesario articularse a los estudios de diseño, ya que se centra en el análisis de documentos a partir de su contenido. De ahí que sea posible analizar los elementos clave para el diseño de un material de enseñanza partiendo de diferentes investigaciones en el campo educativo presentadas en revistas, tesis, artículos y documentos estatales.

#### **3.1 HIPÓTESIS**

El diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular del tópico los ciclos biogeoquímicos es un proceso que debe ser informado por las teorías de naturaleza general y específica en torno a la enseñanza de las ciencias (ej., teorías del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías de diseño de la enseñanza y la literatura en educación en ciencias). De esta forma se articulan los conocimientos provenientes de la investigación en ciencias y las prácticas de diseño en el aula de clase. En consecuencia, esta articulación de diferentes cuerpos de conocimiento permite el desarrollo de una teoría de dominio específico, que es el resultado de las conjeturas, análisis, decisiones y reflexiones llevadas a cabo por el diseñador acerca del proceso de enseñanza y aprendizaje de los ciclos biogeoquímicos. Debe hacerse la aclaración que, para la validación de dicha teoría de dominio específico, es necesario su implementación y su evaluación en trabajos posteriores de estudios posgraduales.

Ahora bien, para dar solución al problema de investigación se ha diseñado una metodología de análisis de contenido que conlleva al diseño del material de enseñanza. Esto se debe a que, en vista de la necesidad de articular las diferentes investigaciones en el campo

educativo con la práctica en el aula de clase, es indispensable retomar algunos referentes en torno a la pedagogía general de las ciencias y la pedagogía específica de la ecología para orientar el diseño del material educativo, es decir, es necesario realizar un análisis de contenido de los diferentes referentes que puedan enriquecer el desarrollo de la teoría de dominio específico. En este sentido, durante la metodología se realiza una caracterización de las unidades de análisis y la selección del instrumento adecuado para el estudio de los referentes en función de categorías que faciliten la toma de decisiones en torno al diseño.

### **3.2 OBJETIVOS**

A continuación, se relacionan los objetivos de trabajo para dar solución al problema de interés, así como para sistematizar la posible metodología de trabajo.

#### **3.2.1 Objetivo general**

- Diseñar un material de enseñanza en formato digital con coherencia intracurricular sobre los ciclos biogeoquímicos.

#### **3.2.2 Objetivos específicos**

- Formular una teoría de dominio específico para la enseñanza de los ciclos biogeoquímicos.
- Diseñar un conjunto de actividades de aprendizaje informadas a partir de las teorías de dominio específico que asista a los estudiantes en la comprensión conceptual del tópico de los ciclos biogeoquímicos en el grado séptimo.
- Materializar la teoría de dominio específico formulada en un formato digital accesible y dinámico.

### **3.3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo con el problema y objetivos de investigación se ha valorado el análisis de contenido como una perspectiva metodológica apropiada en la construcción de una teoría de dominio específico, la cual orienta el diseño de un material de enseñanza con coherencia intracurricular sobre los ciclos biogeoquímicos. Por tanto, esta perspectiva juega un papel clave en los estudios de diseño, porque les facilita a los diseñadores realizar inferencias e

interpretaciones a los textos relacionados de naturaleza general y específica en torno a la enseñanza-aprendizaje de los ciclos biogeoquímicos. Esta tarea analítica media la identificación y formulación de las intenciones de diseño (ej., toma de decisiones curriculares e instruccionales) que informan el desarrollo del ambiente de aprendizaje (Cataño, 2016; Urbano & Rivas, 2017).

Lo anterior coincide con la afirmación de Krippendorff (1990), que considera al análisis de contenido como una *técnica de investigación* destinada a representar inferencias reproducibles y válidas que puedan aplicarse al contexto partiendo de ciertos datos. En este sentido, se utiliza la lectura (textual o visual) como un instrumento caracterizado por ser sistemático, objetivo, replicable y válido que permite la recogida y análisis de la información, lo contrario a una lectura común que parte de la subjetividad del lector para interpretar las ideas e intereses del autor.

Además, el análisis de contenido se diferencia de otras técnicas de investigación social porque combina intrínsecamente procesos como la observación, la producción y la interpretación o análisis de los datos. En efecto, es una técnica que adquiere una complejidad por la forma como se articulan diferentes procesos para reconocer las propiedades del texto que le permiten construir significado. De este modo, es posible percibir y entender el contenido manifiesto (las representaciones directas del autor) y el contenido latente (las ideas indirectas que expresan el sentido oculto que desea transmitir el autor) a través de esta técnica (Abela, 2002).

Conviene subrayar, que para dominar esta técnica de investigación se debe reconocer y distinguir el marco de referencia que enmarca los datos que recibe el lector, es decir, identificar cuál es el contexto bajo el que se representan los datos expresos o latentes. Por tanto, el investigador tiene que conocer de antemano el contenido y el significado de lo que dice el texto para poder analizarlo con profundidad. De ahí que el texto y su contexto son aspectos fundamentales para el análisis de contenido en los estudios de diseño; ya que teniendo en cuenta las características de los documentos es posible extraer información pertinente de ellos.

Así pues, se hace necesario desarrollar un proceso sistemático del análisis de contenido teniendo en cuenta la unidad de análisis, en otras palabras, el punto de partida para analizar los documentos seleccionados. En este sentido, se reconocen tres tipos de unidades de análisis:

unidades de muestreo, unidades de contexto y unidades de registro<sup>2</sup>. A partir de esta clasificación se puede iniciar el proceso de análisis sistemático que enmarca a cada documento reconociendo sus características.

Adicionalmente, para el desarrollo de esta tarea analítica se seleccionan las fuentes documentales con el fin de delimitar el proceso. Por tanto, se toma la decisión de seleccionar una serie de documentos los cuales representan elementos teóricos alineados con el problema de investigación. Estas fuentes configuran las unidades de muestreo y contexto, que para esta investigación llegan a coincidir (Véase tabla 1).

**Tabla 1.**

*Contenido de la unidad de muestreo*

UNIDAD DE MUESTREO	
FUENTE	TEMA
<b>Artículos</b>	Estudios de Diseño Educativo
	Educación en ecología
	Diseño Instruccional
<b>Capítulos De Libros</b>	Teorías de diseño educativo
	Diseño instruccional
	Educación en ecología
	Pedagogía general y específica
<b>Trabajo de Investigación</b>	Tesis
<b>Lineamientos Curriculares</b>	Curriculum prescrito

Con respecto a las unidades de contexto se hizo una selección de los documentos que pueden servir para el desarrollo de una teoría de dominio específico sobre los ciclos biogeoquímicos. Razón por la cual los criterios de selección de las unidades de contexto son: textos relacionados con los Estudios de Diseño en Latinoamérica en los últimos años, textos relacionados con el diseño de materiales o ambientes de aprendizaje sobre el contenido, también resultan de gran importancia los textos que traten las teorías instruccionales para la enseñanza del

---

<sup>2</sup> Krippendorff (1990) conceptualiza las unidades de análisis como: A) Unidades de muestreo: son aquellas porciones del universo observado que serán analizadas, es decir, la selección de una muestra documental para desarrollar el análisis; B) Unidades de contexto: son la porción de la unidad de muestreo que tiene que ser examinada para caracterizar la unidad de registro; y C) Unidades de registro: son consideradas como la parte de la unidad de muestreo que se puede analizar de forma aislada, es como un segmento específico del contenido que se puede situar en una categoría.



tópico, así como los documentos de la literatura de la educación en ecología que determinen las dificultades de enseñanza y aprendizaje (Véase tabla 2).

**Tabla 2.**

*Contenido de la unidad de contexto*

UNIDAD DE CONTEXTO		
AUTOR(ES)	TÍTULO DEL ARTÍCULO O CAPÍTULO DEL LIBRO	TEMA PRESENTADO
Maria Cristina Rinaudo y Danilo Donolo (2010)	Estudios de diseño. Una perspectiva prometedora en la investigación educativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antecedentes de los Estudios de diseño educativo</li> <li>• Aspectos metodológicos en los estudios de diseño educativo</li> <li>• Principios del diseño de un material de enseñanza</li> </ul>
Boris Fernando Candela Rodríguez (2016)	Las teorías del aprendizaje y la pedagogía general como marcos de orden general que iluminan la toma de decisiones de diseño curricular y metodológicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teorías de aprendizaje</li> <li>• Pedagogía general de las ciencias para el diseño de ambientes de aprendizaje</li> <li>• Estrategias y modelos de enseñanza de las ciencias</li> </ul>
	La reconstrucción educativa y el conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido: heurísticas que iluminan el diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientaciones metodológicas para el diseño de materiales de enseñanza</li> <li>• El conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido</li> </ul>
Peter Williams, Lynne Schrum, Albert Sangra y Lourdes Guárdia (2004)	Diseño instruccional: teorías y modelos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las teorías instruccionales para el diseño de ambientes de aprendizaje</li> </ul>
Gonzalo Bermúdez y Ana Lía De Longhi (2008)	La Educación Ambiental y la Ecología como ciencia. Una discusión necesaria para la enseñanza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aportes de la literatura de la enseñanza de la ecología</li> </ul>
María Eugenia Rincón (2011)	Concepciones de los estudiantes de educación básica sobre ecosistema. Una revisión documental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientaciones en la enseñanza de la ecología desde la revisión de distintos autores en el mundo.</li> </ul>
Patricia Esteve y Mercedes Jaén (2013)	El papel de los ciclos biogeoquímicos en el estudio de los problemas ambientales en Educación Secundaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La importancia de los ciclos biogeoquímicos desde el punto de vista disciplinar y educativo</li> </ul>
Nidia Nelly Luengas Caicedo (2014)	El ciclo del Nitrógeno. Propuesta para ciclo tres de educación media rural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptualización del ciclo del nitrógeno en la enseñanza media</li> <li>• Limitaciones y dificultades de los estudiantes frente al ciclo del nitrógeno</li> <li>• Propuestas y alternativas para la enseñanza del ciclo del nitrógeno</li> </ul>

Jenny Patricia Valencia Zapata y Heidy Liliana Zarate Donado (2012)	Secuencia de actividades para la construcción de una concepción cíclica y compleja del proceso: “ciclo del agua”	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptualización del ciclo del agua en la enseñanza media</li> <li>• Limitaciones y dificultades de aprendizaje de los estudiantes frente al ciclo del agua</li> <li>• Propuestas y alternativas para la enseñanza del ciclo del agua</li> </ul>
Lindsey Mohan and Charles W. Anderson (2009)	Teaching experiments and the carbon cycle learning progression	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitaciones y dificultades de aprendizaje de los estudiantes frente al ciclo del carbono</li> <li>• Aportes sobre la enseñanza progresiva del ciclo del carbono teniendo en cuenta el contexto</li> </ul>
Ministerio de Educación Nacional (2016)	Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las orientaciones sobre la secuenciación y profundización de los contenidos de acuerdo con el currículo nacional</li> </ul>
	Derechos básicos de aprendizaje de ciencias naturales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establece los aprendizajes estructurantes para cada grado que garantizan el desarrollo de habilidades y actitudes necesarias en un contexto académico o social.</li> </ul>
	Matriz de referencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determina los aprendizajes que se esperan que el estudiante apropie al finalizar su ciclo formativo. Dichos aprendizajes son evaluados por el ICFES.</li> </ul>

Si bien la selección de las unidades de nuestro juego un papel crítico durante el diseño de todo material de enseñanza, esta tarea analítica tiene que ser complementada con la determinación del conjunto de categorías y subcategorías de análisis documental que se encuentre en coherencia con el proceso de enseñanza y aprendizaje del tópico ciclo del nitrógeno. Dicho de otra manera, los textos deben ser analizados bajo los principios más importantes para el diseño que permitan fundamentar las decisiones bajo los marcos teóricos de la pedagogía general, así como los elementos teóricos y los metodológicos de la enseñanza de los ciclos biogeoquímicos. Es así como la selección de categorías y subcategorías de análisis corresponde a algunos planteamientos básicos y fundamentales para la línea de investigación de la ciencia del diseño educativo. En consecuencia, se nutren las decisiones curriculares e instruccionales del diseñador desde las investigaciones del campo educativo, reduciendo la brecha entre la teoría y la práctica educativa.

### **3.3.1 Instrumento metodológico de análisis (ReCo)**

La ReCo es un resumen de cómo un profesor enseña un concepto específico y el por qué enseña de determinada manera. Es decir, esta documenta, representa y captura las decisiones del profesor en torno a la enseñanza de determinado contenido. Ahora bien, en el presente trabajo, la ReCo es un instrumento apropiado para el diseño de ambientes de aprendizaje de tópicos específicos porque orienta la toma de decisiones curriculares e instruccionales durante la planificación, actuación y reflexión en el campo educativo.

Conviene subrayar que la función de la ReCo como instrumento metodológico para analizar el CPC (Conocimiento Pedagógico de un Contenido específico)<sup>3</sup>, el cual es objeto de investigación porque permite analizar los saberes que posee el profesor/diseñador. En este sentido, el desarrollo de los ocho ítems que configuran el cuerpo de la ReCo recoge de manera sistemática los conocimientos, creencias y valores del profesor frente a la enseñanza de un contenido específico. Así pues, este instrumento permite documentar las decisiones curriculares e instruccionales que el profesor considera adecuadas para la enseñanza (Candela, 2016; Ruiz, 2016; Cataño, 2016).

Los inicios de la ReCo como instrumento metodológico de análisis consistían en el desarrollo de una estructura sencilla basada en una pregunta central sobre la gran idea a enseñar, junto con las sub-ideas que configuran a esta (Loughran, Gunstone, Berry, Milroy & Mulhall, 2000). Naturalmente, que la toma de decisiones curriculares e instruccionales reflexiva es estimulada por el desarrollo de ocho ítems (véase tabla 3). Es así como esta tarea reflexiva permite documentar el Conocimiento Pedagógico del Contenido del profesor quien ha tomado las decisiones en cuestión.

---

<sup>3</sup> Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) es el resultado de una reflexión continua sobre el contenido y su aplicación en el aula. Es un aspecto que distingue a los profesores de los especialistas en la disciplina, y los profesionales en pedagogía general. El CPC orienta el diseño educativo de un tópico específico (Candela, 2016)

**Tabla 3.***Estructura lógica del instrumento metodológico ReCo*

¿Cuáles son las ideas científicas que se encuentran en el centro del tema _____?			
Es decir, seleccione entre tres a cinco ideas en las que acostumbre a dividir la enseñanza del concepto _____			
Preguntas pedagógicas	Ideas/conceptos importantes en ciencias para un tema específico		
	Idea n.º 1	Idea n.º 2	Idea n.º 3
1. ¿Qué intenta que aprendan los estudiantes alrededor de esta idea?			
2. ¿Por qué es importante que los estudiantes sepan esta idea?			
3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluye en sus explicaciones a sus estudiantes)?			
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?			
5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los estudiantes influyen en su enseñanza de esta idea?			
6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?			
7. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esta idea).			
8. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los estudiantes emplea alrededor de esta idea?			

Se debe agregar que dicho instrumento metodológico ha sido utilizado con diferentes finalidades. Por un lado, puede utilizarse como un instrumento para documentar y representar el Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) de un profesor experimentado, lo que era su función inicial se mantiene en algunos ámbitos investigativos que permitan el análisis de decisiones educativas (Ruiz, 2016; Lehane & Bertram, 2006; Cataño, 2016; Pérez, 2017). Por otro lado, la ReCo puede utilizarse como una herramienta para promover el desarrollo del CPC en la formación de profesores novatos. Algunos docentes han utilizado el instrumento para ejercicios académicos que ponen a prueba los conocimientos teóricos y prácticos de profesores en formación (Hume, 2010; Candela; 2016; Candela 2017). En otros ámbitos, la ReCo se ha considerado como una herramienta para el diseño ambientes de aprendizaje que faciliten la enseñanza de un tópico específico. Al respecto, la ReCo se transforma en un instrumento metodológico de diseño que da cuenta de las decisiones curriculares e instruccionales cuyo

contenido informa las decisiones de diseño que direccionan la construcción de un material de enseñanza para un contenido específico (Cabezas, 2016; Gallardo & Torres, 2016; Candela, 2016).

En los últimos años, se ha comprobado que el uso del instrumento metodológico de la ReCo resulta ser una heurística útil en los procesos de diseño por sus múltiples ventajas. Las investigaciones en el campo educativo han demostrado que este instrumento es un medio que facilita la toma de decisiones curriculares e instruccionales de manera reflexiva, es decir, facilita la selección de elementos claves para la enseñanza de un contenido específico. Además, permite articular elementos críticos de todo acto educativo, a saber: contenido, estudiantes y práctica de enseñanza. En consecuencia, se ha considerado un instrumento clave para el diseño educativo frente a un contenido disciplinar particular.

De este modo, el desarrollo de la ReCo facilita la lectura reflexiva de las teorías de la educación de orden general y específico que se encuentran alineadas con la enseñanza-aprendizaje del tópico en cuestión (ej., pedagogía general, literatura en educación en ciencias, documentos curriculares de naturaleza estatal, teorías del aprendizaje, entre otros). En otras palabras, es una lectura consciente que llega a complementarse con el análisis documental. Por lo tanto, es posible desarrollar unas teorías-prácticas denominadas teorías de dominio específico, las cuales sugieren la mejor manera de enseñar un contenido particular a partir del análisis documental orientado por la ReCo, con el fin de que unos estudiantes singulares construyan una comprensión del fenómeno en consideración (Candela, 2016; Gallardo & Torres, 2016; Urbano y Rivas, 2017).

Además, en las últimas décadas se ha reconsiderado el paradigma CPC de los años 80 a las nuevas necesidades de la escuela alineadas con la actual sociedad del conocimiento, donde las Tecnologías de la Información y el Conocimiento (TIC) juegan un papel clave. De ahí que, la comunidad del campo de la educación en ciencias contempló la evolución del CPC al CTPC<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (CTPC) o Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK) Es un constructo desarrollado por Mishra y Koehler que reconoce la importancia de la interrelación de los saberes de la disciplina, la pedagogía y la tecnología. El CTPC es la base de la buena enseñanza con tecnología y requiere de un entendimiento de la representación de conceptos por medio de la tecnología, las técnicas pedagógicas utilizadas de manera constructiva por medio de la tecnología y como la tecnología puede ser utilizada para revertir algunos problemas que afrontan los estudiantes frente a un tópico específico.

como un nuevo paradigma que permitiría integrar la tecnología en el diseño de ambientes de aprendizaje y prácticas educativas. De esta manera, la evolución del CPC a CTPC implicó un enfoque de diseño y enseñanza distinto porque se relacionan aspectos de la disciplina, la pedagogía general y específica, así como la tecnología digital en el aula de clases. En consecuencia, se responde a las necesidades de las nuevas generaciones, las cuales están ligadas a los desarrollos científicos y tecnológicos de la era del conocimiento (Mishra y Koehler, 2006)

Teniendo en cuenta las nuevas necesidades en el proceso de enseñanza y aprendizaje de contenidos específicos, en la Universidad del Valle, por medio de los investigadores del área de educación en ciencias, se ha adaptado el instrumento metodológico ReCo con el objetivo de desarrollar el CTPC e integrar el diseño de ambientes de aprendizaje digitales en temáticas relacionadas con el estudio de la química (Candela, 2017). De este modo, con la emergencia de las Tecnologías de la Información y Comunicación al primer plano del ámbito educativo, la ReCo sufrió un proceso de adaptación que permitió la integración del conocimiento propio de las tecnologías con el contenido disciplinar y pedagógico [(CTPC); Candela, 2017].

El cuerpo de la ReCo adaptado al CTPC se encuentra configurado por siete elementos de este constructo, los cuales se abordan a partir de doce ítems, estrechamente relacionados con las bases del conocimiento de la disciplina, la pedagogía y la tecnología a lo largo del diseño de ambientes de aprendizaje sobre un tópico específico (Véase tabla 4). Es necesario resaltar que el desarrollo reflexivo de los 12 ítems direcciona el diseño de materiales de enseñanza potenciados por las tecnologías digitales.

**Tabla 4.***Estructura del instrumento de la ReCo adaptado al constructo CTPC por Candela (2017)*

<b>¿Cuáles son las ideas científicas que se encuentran en el centro del tema _____?</b>			
<b>Es decir, seleccione entre tres a cinco ideas en las que acostumbre a dividir la enseñanza del concepto</b>			
<b>Preguntas pedagógicas</b>	<b>Ideas/conceptos importantes en ciencias para un tema específico</b>		
	<b>Idea n.º 1</b>	<b>Idea n.º 2</b>	<b>Idea n.º 3</b>
1. ¿Qué intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?			
2. ¿Por qué es importante que los alumnos sepan esta idea?			
3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluye en sus explicaciones a sus alumnos)?			
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?			
5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea?			
6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?			
7. ¿Qué tecnologías digitales estándar empleas para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?			
8. ¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utilizas con el fin de representar y formular la idea?			
9. ¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) más convenientes que utilizas para representar la idea en consideración, y en qué criterios apoyas dicha intención de diseño?			
10. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esta idea).			
11. ¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas o no por las tecnologías digitales empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas sobre la idea bajo consideración? ¿Qué juicios pedagógicos apoyan el diseño de dichas actividades?			
12. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?			

Por todo lo anterior, es posible reconocer que la estructura de la ReCo facilita el análisis de contenido porque incentiva una lectura consciente, sistemática, objetiva, replicable y válida de los datos encontrados en las unidades de muestreo y de contexto. Además, la ReCo como instrumento metodológico de diseño orienta al profesor/diseñador permite la articulación de la

información encontrada para tomar decisiones curriculares e instruccionales frente a un tópico específico facilitando el desarrollo de una teoría de dominio específico (o teoría práctica).

### **3.3.2. Análisis documental**

Debido a que se considera la ReCo como una herramienta metodológica relevante para el diseño de un material de enseñanza sobre los ciclos biogeoquímicos, porque permite una lectura sistemática de la información representada en los documentos que devienen de investigaciones en el campo educativo, se toma la decisión de asumir el proceso análisis documental y diseño del material de enseñanza en cuestión en dos fases: 1) análisis de contenido con el fin de construir las teorías de dominio específico a los ciclos biogeoquímicos; y 2) materialización de las teorías de dominio específico en la secuencia de las actividades de aprendizaje en un formato de naturaleza digital.

#### **3.3.2.1 Primera Fase: análisis de contenido**

Inicialmente, es necesario retomar las unidades de contexto que permiten la articulación de los principales elementos teóricos y metodológicos que estructuran el diseño del material de enseñanza de los ciclos biogeoquímicos. Así pues, a partir de una lectura sistemática es posible integrar las consideraciones en torno a los siguientes elementos de la enseñanza: características disciplinares del contenido, nociones del aprendizaje y dificultades del estudiante frente al contenido, estrategias de enseñanza, recursos analógicos y digitales para representar los contenidos y gestionar el aula, entre otros. En este sentido, los ítems que configuran la ReCo estimulan la toma de decisiones curriculares e instruccionales, cuyo sustento da origen a las teorías de dominio específico y la materialización del material de enseñanza del contenido en cuestión. Desde luego, que esta tarea analítica ayuda a disminuir la brecha existente entre la teoría proveniente de la investigación en educación en ciencias y la práctica del diseño y enseñanza de tópicos específicos.

En resumen, esta fase consiste en una lectura sistemática, la cual sigue algunas indicaciones para organizar y definir la información útil (Abela, 2002). Por consiguiente, cualquier trabajo de análisis de contenido implica el desarrollo de algunos aspectos claves, los cuales son:



1. **Determinar el objeto o tema de análisis:** se trata de la determinación del problema, bien puede ser un evento, un conocimiento o una situación que se quiere estudiar a profundidad. En este caso se busca estructurar los elementos teóricos y metodológicos claves para el diseño de un material de enseñanza con coherencia intracurricular sobre los ciclos biogeoquímicos. De esta manera el foco central del estudio es estructurar afirmaciones de las unidades de contexto que permitan elucidar la enseñanza de este tópico de las ciencias.
2. **Definir las reglas de codificación:** en este sentido, la codificación consiste en una transformación de información mediante reglas precisas de los datos brutos del texto. De ahí que sea necesario analizar la frecuencia de ciertas consideraciones para el diseño. A modo de ejemplo, en esta investigación algunas unidades de muestreo están orientadas a las dificultades conceptuales de los estudiantes frente a un tópico particular, en este caso se analiza la frecuencia de dichos análisis y consideraciones en las diferentes unidades de muestreo que sean importantes para el diseño del material, cada una de estas consideraciones se articulan en la ReCo.
3. **Determinar el sistema de categorías:** la categorización es una operación de clasificación que permite la diferenciación de la información a partir de criterios bien definidos. En este caso, las categorías responden a los criterios de diseño de materiales de enseñanza (categorías deductivas). En este sentido, estas categorías tienen unas propiedades las cuales permiten llevar a cabo un análisis comparativo a las unidades de análisis de registro (cuerpo de conocimiento de los artículos, libros, documentos curriculares de orden estatal). Naturalmente, en este estudio las categorías deductivas son el conjunto de ítems que estructuran el instrumento metodológico de la ReCo.
4. **Comprobar la fiabilidad del sistema de codificación-categorización:** la fiabilidad reside en la seguridad de que los datos obtenidos por medio del análisis de contenido son independientes del instrumento o persona que los mide. En este caso, la estructura de las categorías está basada en el diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular sobre los ciclos biogeoquímicos, el uso de dichas categorías puede llevar a datos e información replicable y válida como los resultados presentados en la teoría de dominio específico desarrollada a través de la ReCo.

5. **Construcción de inferencias:** se trata de explicar y deducir el sentido implícito o explícito de los textos que componen las unidades de muestreo. El analista de contenido llega a unas conclusiones a partir del texto. Para este estudio, las inferencias se construyen a partir del análisis de los textos seleccionados en las unidades de muestreo, por medio de ellas es posible llegar a aspectos clave del diseño de un material de enseñanza, que es la finalidad del proceso.

Por lo tanto, el análisis de contenido conlleva a un proceso sistemático y organizado sobre las unidades de muestreo a partir de categorías, de modo que sea posible llegar a construir inferencias a partir de los textos de la literatura en educación en ciencias, currículo estatal, y la pedagogía general.

### **3.3.2.2 Segunda Fase: diseño de una teoría de dominio específico sobre los ciclos biogeoquímicos a partir del instrumento metodológico ReCo**

Teniendo en cuenta que la ReCo, adaptada por Candela (2017), es un instrumento metodológico apropiado en el diseño de ambientes de aprendizaje de tópicos específicos potenciados por las tecnologías digitales, porque orienta la toma de decisiones curriculares e instruccionales que permiten construir una *teoría de dominio específico*, se empieza a desarrollar los ítems que configuran la estructura lógica del instrumento. En el desarrollo de la heurística se considera fundamental la selección de la gran idea y su división en tres sub-ideas, lo que orienta el desarrollo conceptual que persigue el material de enseñanza. Como resultado es posible la estructuración de un corredor conceptual que debe ser útil al estudiante para comprender los ciclos biogeoquímicos (Candela, 2016).

Se ha considerado los ciclos biogeoquímicos como *una gran idea* por ser un concepto esencial, complejo y estructurante de la ecología, ya que como meta de aprendizaje permite comprender las dinámicas de los ecosistemas, especialmente los procesos de intercambio y “reciclaje” de componentes en la naturaleza. En otras palabras, los ciclos biogeoquímicos representan un sistema complejo de relaciones en la naturaleza, que no son evidentes para una mirada inocente. Entender dichas relaciones permiten desarrollar modelos complejos sobre las interdependencias en la naturaleza (Esteve & Jaén, 2013).

Algunos autores señalan que la importancia de los ciclos en la naturaleza está en la construcción de un modelo que reconozca las relaciones entre los seres vivos y su entorno, el desarrollo de tales modelos permite establecer vínculos conceptuales coherentes que sirven para entender los problemas ambientales que agobian nuestra sociedad. Sin embargo, aunque resulta muy importante el estudio de dichas relaciones, al estudiar las dinámicas del ecosistema se anteponen visiones reduccionistas y compartimentadas (Bermúdez & De Longhi, 2008).

En otras palabras, se impone una noción que reduce al ecosistema como un conjunto de partes que se pueden explicar como si los seres vivos y el entorno fueran elementos separados. En consecuencia, los estudiantes tienden a explicar el ecosistema bajo modelos mentales sencillos, en los cuales no consideran que los seres vivos tienen impactos en el entorno, así como tampoco consideran la influencia del entorno en los seres vivos. Es entonces, que al evaluar al estudiante sobre los ecosistemas en situaciones problema propias de las pruebas de estado, las cuales incluyen relaciones complejas, o incluso al explicar los problemas ambientales que tienen que ver con relaciones de interdependencias, los estudiantes tienden a responder desde la inmediatez (Luengas, 2014).

### **3.3.2.3 Tercera Fase: materialización de la teoría de dominio específico generada sobre la enseñanza de los ciclos biogeoquímicos para grado séptimo**

La materialización respondió al carácter de la teoría de dominio específico sobre los ciclos biogeoquímicos reconoce el ejercicio de integrar las metas de aprendizaje, la selección de contenido, el diagnóstico de dificultades de enseñanza y aprendizaje, las técnicas y estrategias de enseñanza, así como la evaluación formativa y sumativa, teniendo en cuenta la coherencia curricular de la unidad. En consecuencia, la materialización no es el fin del diseño educativo, sino que es el medio por el cual el profesor/diseñador fundamenta el ambiente de aprendizaje.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A partir de la metodología se obtienen unos resultados que responden a los objetivos específicos (y, por ende) el objetivo general de esta investigación. Se obtuvieron dos resultados importantes para la enseñanza de este tópico: 1) la teoría de dominio específico sobre la enseñanza de los ciclos biogeoquímicos a partir del instrumento metodológico ReCo, diseñado por Candela (2017); 2) la plasmación de dicha teoría de dominio específico en un material de formato digital. Dicho material digital es descargable y está en una carpeta drive. Al descargarlo y descomprimirlo se puede acceder a él como si fuera una página web.

Con respecto a la teoría de dominio específico se tuvo que tener en cuenta que el tópico en cuestión permite abordar las relaciones de los seres vivos con el biotopo, definiendo el ecosistema como un complejo conjunto de relaciones entre lo vivo y lo inerte. En palabras de Esteve & Jaén (2013): “los ciclos biogeoquímicos representan un sistema complejo de relaciones con un gran potencial para proyectar la realidad dinámica de los ecosistemas”. En consecuencia, se tomó como gran idea que *Los ciclos biogeoquímicos son los flujos ininterrumpidos de relaciones por los cuales circula y se transforma un elemento (nitrógeno y carbono) o compuesto químico (agua) como resultado de la interacción constante entre el ambiente (biotopo) y los seres vivos (biota)*. En este caso, el manejo de las sub-ideas se deriva del estudio de cada ciclo biogeoquímico entendiendo su complejidad en las transformaciones del ambiente.

Con respecto a la selección de las sub-ideas, se tuvieron en cuenta algunos aportes y recomendaciones de diversos autores en torno al tema, y algunas consideraciones en la enseñanza de la ecología. De esta manera, se estructuró el desarrollo de los contenidos que permiten un modelo simplificado que da cuenta de las relaciones en el ecosistema a través del abordaje de cada ciclo biogeoquímico, entendiendo que es necesario abordar su complejidad detenidamente. Dado que, la intención de las sub-ideas es la integración de conceptos que permitan la comprensión de la gran idea seleccionada, se tuvieron en cuenta los ciclos más importantes que den cuenta del ciclo de la materia. A saber: el ciclo hidrológico, el ciclo del carbono y el ciclo del nitrógeno.

Es pertinente señalar que los ciclos biogeoquímicos han sido considerados en el currículo estatal como una parte fundamental para explicar el mantenimiento de los ecosistemas. En primer lugar, se deben tener en cuenta los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) del grado

séptimo que fueron establecidos en el 2016, en dicho documento se determina la necesidad de comprender las relaciones entre los ciclos de la naturaleza (el ciclo del carbono, el ciclo del nitrógeno, y el ciclo del agua). En segundo lugar, al revisar otro documento del currículo estatal como la Matriz de Referencia de Ciencias encontramos que en grado séptimo se consideran habilidades de tipo experimental (observación e interpretación de fenómenos, desarrollo de hipótesis, diseño de experimentos, uso de instrumentos y representación de datos) que, eventualmente, se pueden desarrollar para comprender los ciclos biogeoquímicos por medio de actividades estructuradas (Ministerio de Educación Nacional, 2015; 2016).

Por lo que respecta a la materialización, el proceso puede resumirse como: a) el montaje de los contenidos y actividades en un material digital; b) el desarrollo de dos materiales imprimibles complementarios, tanto para el estudiante como para el profesor, lo cual facilita el desarrollo de las actividades; c) el acceso a la ReCo como un Material adicional que permite entender las decisiones curriculares e instruccionales aplicadas en el material de enseñanza.

El proceso de montaje de las actividades en un material digital se llevó a cabo en el programa Adobe Flash, lo cual requirió cierto grado de experticia que fue superado por los diferentes tutoriales en internet. Además, el programa requiere el manejo básico de comandos ActionScript 2.0. El manejo de estos comandos facilitó que el archivo resultante tuviera acceso a los contenidos multimedia sin necesidad de conexión a internet.

El diseño de la cartilla para el estudiante y el material de apoyo para el profesor, se utilizó el programa Adobe Indesign, lo que facilitó el diseño y la maquetación de materiales imprimibles sencillos. Cabe señalar que se buscó articular el material de enseñanza digital desde su valor dinámico con los materiales impresos que se pueden utilizar para orientar el proceso y favorecer el desarrollo de las preguntas. No son materiales que se utilizan independientemente, sino que se articulan como recursos complementarios.

Finalmente, la ReCo se presenta como un material guía para el Profesor, permitiéndole reconocer y analizar la teoría de dominio específico que respalda el material de enseñanza de los ciclos biogeoquímicos. En pocas palabras, se logra explicitar y argumentar las decisiones curriculares e instruccionales que orientan las metas y las estrategias del material de enseñanza.

Por último, se debe reiterar que el diseño está orientado para ser una propuesta abierta a todo el contexto nacional colombiano, ya que se toman en consideración algunos aspectos

curriculares reglamentados en los últimos años, tales como: los Estándares de Competencia (EBC) del ciclo sexto a séptimo, los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) del grado séptimo y la Matriz de Referencia del mismo grado. Por consiguiente, el profesor/diseñador puede utilizarla o adaptarla de acuerdo con el contexto que condiciona el aula de clase y los referentes curriculares que considere necesarios.

A continuación, se presenta la teoría de dominio específico sobre los ciclos biogeoquímicos, y el montaje en formato digital.

#### 4.1 TEORÍA DE DOMINIO ESPECÍFICO SOBRE LA ENSEÑANZA DEL TÓPICO CICLOS BIOGEOQUÍMICOS.

##### LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE

DOCENTE: Lizeth Johana Betancourth Lerma

##### **ReCo “Representación de Contenido”**

**Gran Idea:** *Los ciclos biogeoquímicos son los flujos ininterrumpidos de relaciones por los cuales circula y se transforma un elemento (nitrógeno y carbono) o compuesto químico (agua) como resultado de la interacción constante entre el ambiente (biotopo) y los seres vivos (biota).*

**Núcleo conceptual:** Determinación cualitativa de los cambios fisicoquímicos en la naturaleza.

**Estándar básico de competencias:** Identifico condiciones de cambio y de equilibrio en los seres vivos y en los ecosistemas.

##### **Acciones de pensamiento:**

- Identifico y uso adecuadamente el lenguaje propio de las ciencias.
- Propongo respuestas a mis preguntas y las comparo con las de otras personas y con las de teorías científicas.
- Describo y relaciono los ciclos del agua, de algunos elementos y de la energía en los ecosistemas.
- Explico la función del suelo como depósito de nutrientes.
- Recolecto y registro sistemáticamente información que obtengo de diferentes fuentes (orales, escritas, iconográficas, virtuales...).
- Identifico factores de contaminación en mi entorno y sus implicaciones para la salud.
- Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco otros puntos de vista, los comparo con los míos y puedo modificar lo que pienso ante argumentos más sólidos.

**Derechos Básicos de Aprendizaje:** Comprende la relación entre los ciclos del carbono, el nitrógeno y el agua, explicando su importancia en el mantenimiento de los ecosistemas.

##### **Matriz de Referencia**

Componente: Entorno vivo

- Uso de conceptos: Comprender que en un ecosistema los seres vivos interactúan con otros organismos y con el ambiente físico, y que los seres vivos dependen de estas relaciones.

Componente: Ciencia, Tecnología y Sociedad

- Uso de conceptos: Comprender la importancia del desarrollo humano y su efecto sobre el entorno.

**GRAN IDEA:**

Los ciclos biogeoquímicos son los flujos ininterrumpidos de relaciones por los cuales circula y se transforma un elemento (nitrógeno y carbono) o compuesto químico (agua) como resultado de la interacción constante entre el ambiente (biotopo) y los seres vivos (biota).

**SUB-IDEAS:**

1. El ciclo hidrológico es un modelo explicativo que reconoce que el movimiento cíclico y continuo del agua en la naturaleza se debe a los efectos de la biota, las transformaciones del biotopo y las acciones del ser humano. El movimiento cíclico conlleva a cambios de estado del agua que no alteran sus propiedades como molécula.
2. El ciclo del carbono es un modelo explicativo que permite entender las transformaciones químicas de los compuestos carbonados por las acciones de la biota o por las acciones del ser humano. Dichas transformaciones químicas no alteran la identidad de los átomos de carbono. Del movimiento cíclico de este elemento dependen varios procesos fisicoquímicos propios de los seres vivos y el ambiente físico.
3. El ciclo del nitrógeno es un modelo explicativo sobre el flujo de los compuestos nitrogenados por las acciones de la biota (especialmente microorganismos), los cambios del biotopo y las acciones del hombre. La circulación de este elemento es una serie de reacciones bioquímicas complejas que no alteran la identidad de los átomos del nitrógeno.

<b>PREGUNTA</b>	El ciclo hidrológico es un modelo explicativo que reconoce que el movimiento cíclico y continuo del agua en la naturaleza se debe a los efectos de la biota, las transformaciones del biotopo y las acciones del ser humano. El movimiento cíclico conlleva a cambios de estado del agua que no alteran sus propiedades como molécula.	El ciclo del carbono es un modelo explicativo que permite entender las transformaciones químicas de los compuestos carbonados por las acciones de la biota o por las acciones del ser humano. Dichas transformaciones químicas no alteran la identidad de los átomos de carbono. Del movimiento cíclico de este elemento dependen varios procesos fisicoquímicos propios de los seres vivos y el ambiente físico.	El ciclo del nitrógeno es un modelo explicativo sobre el flujo de los compuestos nitrogenados por las acciones de la biota (especialmente microorganismos), los cambios del biotopo y las acciones del hombre. La circulación de este elemento es una serie de reacciones bioquímicas complejas que no alteran la identidad de los átomos del nitrógeno.
<b>¿Qué intenta que aprendan los estudiantes alrededor de esta idea?</b>	Se pretende fortalecer las competencias lingüísticas de comunicación. En otras palabras, se intenta potenciar los procesos de lectura, escritura y expresión oral.  Por otra parte, se intenta que los estudiantes desarrollen la capacidad de análisis frente a los resultados obtenidos por medio de consultas bibliográficas y exploraciones digitales a través de simuladores.		



	<p>Que los estudiantes tengan la capacidad para comprender el ciclo del agua como una serie de cambios de estado y procesos físicos que contribuyen al flujo del agua entre los seres vivos y el ambiente físico. De este modo, es posible reconocer las transformaciones del agua en la naturaleza desde un modelo complejo en el que intervienen diferentes factores, incluyendo las acciones del hombre. Así, el estudiante tiene la posibilidad de tener conciencia sobre el cuidado y manejo de este recurso natural.</p>	<p>Que los estudiantes sean capaces de comprender el ciclo del carbono como una serie de transformaciones químicas que hacen parte de los cambios del ecosistema, las cuales responden a diferentes procesos que son interdependientes (a saber: la fotosíntesis, la respiración y la combustión). De esta manera, es posible entender cómo los cambios en los compuestos carbonados se ven afectados por diferentes factores, especialmente, por la acción humana.</p>	<p>Que los estudiantes puedan comprender el ciclo del nitrógeno como el resultado de una serie de reacciones bioquímicas producidas por los microorganismos, los cuales afectan la constitución del suelo y la composición del ecosistema. De este modo, es posible entender el reciclaje natural de compuestos como parte del flujo de la materia. En este mismo sentido, el estudiante tendría la capacidad para entender las consecuencias de las acciones agroindustriales y cotidianas sobre el suelo, elemento crucial para la agricultura.</p>
<p><b>¿Por qué es importante que los estudiantes sepan esta idea?</b></p>	<p>El propósito general al enseñar los ciclos biogeoquímicos es promover el dominio del lenguaje y la comunicación escrita aplicado al campo de las ciencias. Es decir, que el estudiante desarrolle facultades expresivas propias de la comunicación en ciencias frente a situaciones de la cotidianidad que afectan su entorno, ya que uno de los requisitos de la alfabetización científica es el fomento de la comunicación y la toma de decisiones desde una postura crítica y argumentada (Cañal de León, 2000). Además, el desarrollo de competencias lingüísticas comunicativas es una de las habilidades que debe tener cualquier ciudadano para expresar argumentos y puntos de vista ante los otros, fomentando la participación en la sociedad (Candela &amp; Viáfara, 2014).</p> <p>En esta misma línea, en la enseñanza de este constructo, se fomentan espacios de diálogo y discusión sobre las acciones del hombre en los procesos de la naturaleza. De esta forma, se exige a los estudiantes la construcción de argumentos y la contrastación de diferentes puntos de vista.</p> <p>Asimismo, es importante promover el trabajo individual y por equipos que permiten el desarrollo de la personalidad. Por lo que, además del diálogo, el desarrollo de este constructo facilita que el estudiante realice sus actividades en beneficio del objetivo de cada actividad (Ministerio de Educación Nacional, 2006).</p>		

En primer lugar, los estudiantes tendrían la capacidad para comprender a profundidad **conceptos estructurantes** de la ecología. En este caso, se da cuenta de los cambios físicos y químicos de la materia en la naturaleza reconociendo los compuestos básicos del ecosistema y las condiciones que permiten dichas transformaciones. Esto es, el inicio de la conceptualización de la ley de conservación de la materia, la cual indica que la materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma (Gagliardi, 1986; Rincón, 2011).

En segundo lugar, el estudiante podrá desarrollar un aspecto básico de razonamiento al aprender este tópico, ya que, al reconocer el flujo de un elemento, el estudiante debe comprender la preservación de propiedades observables y no observables propias, es decir desarrollar *el principio de la conservación de la identidad de las sustancias*. Es decir, si no se agrega ni quita nada, el material permanece igual, en este caso, un átomo (de oxígeno, hidrógeno, carbono o nitrógeno) no cambia su identidad, aunque reaccione con otros átomos porque sus propiedades intrínsecas se mantienen (Woolfolk, 2010).

En tercer lugar, la enseñanza de este constructo permite construir un esquema mental más complejo sobre el funcionamiento de la vida natural, dado que es necesario conocer e interpretar las interrelaciones del ambiente con los seres vivos para comprender el flujo y las transformaciones de la materia. Esto responde a la necesidad de desarrollar una perspectiva sistémica de la naturaleza, evitando una visión “mecanicista” de la naturaleza que indica que los procesos implicados en los ecosistemas son lineales y simplistas que el hombre puede modificar. De esta manera se promueve una visión integral de los procesos naturales en los que puede tener efecto las acciones del ser humano (García, 2003, Bermúdez & De Longhi, 2008).

Es importante porque los estudiantes podrían construir un modelo explicativo sobre la obtención de un recurso indispensable como es el agua. Además, la caracterización del ciclo del agua permite analizar los estados de la materia como concepto, como también reflexionar sobre las acciones del ser humano en la naturaleza, comprendiendo que cualquier acción en la naturaleza tiene consecuencias en el mantenimiento de la vida. (Valencia & Zarate, 2012).	Es relevante ya que los estudiantes, aparte de construir un modelo explicativo sobre el flujo del carbono, tendrá la posibilidad para empezar a reconocer y reflexionar sobre la influencia directa de las actividades humanas sobre las causas de la contaminación atmosférica que tiene efectos en el presente y el futuro del planeta. De esta manera, se fomenta el pensamiento crítico y argumentado sobre las acciones humanas y las dinámicas naturales (Ministerio de	Es necesario abordar este tópico, dado que los estudiantes tendrían la posibilidad de reconocer los procesos y los elementos implicados en la transformación de los compuestos nitrogenados que aportan nutrientes esenciales para el crecimiento y el mantenimiento de los seres vivos. Además, el abordaje de este tópico justifica la función fundamental de los microorganismos en el reciclaje de la materia. Así mismo, los estudiantes tienen la posibilidad de analizar las
--	---	---

	Educación Nacional, 2006; Mohan & Anderson, 2009).	consecuencias de las actividades humanas en el suelo (Luengas, 2014).
	Los contenidos que deben ser omitidos para la enseñanza de la gran idea son aprendidos en cursos anteriores, así como aquellos que son abordados en cursos más avanzados de ecología.	
¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluye en sus explicaciones a sus estudiantes)?	<b>Conocimientos Previos:</b> Niveles de representación de las ciencias naturales (macroscópico, submicroscópico y simbólico). Niveles de organización de la materia Transformaciones físicas y químicas de la materia Ley cero de la termodinámica Conservación de la masa Conservación de la identidad de las sustancias Caracterización del suelo en el entorno Fotosíntesis Cadenas tróficas Funciones de los microorganismos Flujo de energía Relación entre los factores bióticos y abióticos en el ecosistema	
	<b>Conocimientos Posteriores:</b> Reacciones de oxidación y reducción Reacciones ácido-base Procesos de adaptación de los seres vivos Desequilibrio ecosistémico Contaminación atmosférica Euforización La erosión La lluvia ácida Cambio climático El efecto invernadero	

---

Los profesores y los libros de texto por lo general no distinguen o diferencian los niveles de representación de las ciencias (macroscópico, submicroscópico y simbólico) que les permitiría a los estudiantes entender modelos explicativos abstractos, en este caso los ciclos biogeoquímicos. Aunque esta dificultad es muy frecuente en la enseñanza de las ciencias naturales, dado que los expertos realizan inconscientemente saltos en los niveles de representación (proceso denominado “gimnasia mental”), es posible que la falta de diferenciación de niveles es un impedimento para comprender los diferentes elementos, procesos y transformaciones de la materia en la naturaleza (Johnstone, 1982, 2006 citado por Candela & Viafara, 2017, p.52).

Por lo general, en los libros de texto se manejan diferentes modos semióticos (flechas, líneas cinéticas, variedad de colores, entre otros) para representar los ciclos biogeoquímicos, los cuales no tienen autonomía semántica. Es decir, estas representaciones no se entienden por sí mismas, ni son de aprendizaje innato, debido a la gran variedad de códigos utilizados. En consecuencia, tanto para el profesor, como para el estudiante no es fácil leer o interpretar los factores y procesos involucrados que son expuestos en una imagen estática, que muchas veces no tiene relación con el texto, ni tiene pie de página para establecer significados claros (Constable, Campbell & Brown, 1988; Maldonado, González & Jiménez, 2007)

**¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?**

El profesor/diseñador omite la necesidad de abordar el principio de la conservación de identidad en la enseñanza de los ciclos biogeoquímicos. En pocas palabras, se da por sentado que los estudiantes asumen la identidad de los átomos, moléculas, elementos y los compuestos, por lo que no se retoma ni se desarrolla este aspecto de razonamiento cuando se aborda la transformación de la materia en la naturaleza. A modo de ejemplo, en el ciclo del agua, aunque el compuesto cambia su apariencia físicamente por la acción de la temperatura, las moléculas de agua conservan su identidad química y propiedades intrínsecas (Maltese & Speltini, 2012). Dicha dificultad en la enseñanza influye en las decisiones del profesor para fomentar el progreso en los esquemas mentales del aprendiz.

Una de las limitaciones en la enseñanza es la difícil tarea de fomentar un pensamiento sistémico, es decir, una visión biocéntrica que dé cuenta de las relaciones interdependientes y multifactoriales de los ecosistemas (Esteve & Jaén, 2013). Esto se debe principalmente a que los estudiantes desarrollan un modelo lineal de las transformaciones de los elementos y compuestos desde la realidad inmediata, sin reconocer los diversos factores que influyen en los cambios del ecosistema. De manera que es necesario considerar la construcción de modelos complejos donde se reconozca que los seres vivos tienen relaciones directas con el entorno, evitando una relación de un solo nivel, muy frecuente en los estudiantes, en las que los seres vivos sólo se relacionan con otros seres vivos (Rincón, 2011).

Otro aspecto por considerar es la capacidad del estudiante al asimilar nuevos conceptos y acomodarlos en su estructura mental. Con respecto a los ciclos biogeoquímicos, al ser modelos explicativos abstractos, es difícil establecer relaciones con las experiencias de la realidad cotidiana, es necesario desarrollar una estrategia en la que se articulen las experiencias del

---

---

estudiante con el estudio del fenómeno. En este sentido, la enseñanza de los modelos explicativos (ciclo del agua, carbono y nitrógeno) debe empezar desde lo perceptible y luego, de manera progresiva, profundizar en el análisis e interpretación del fenómeno desde los niveles de representación antes mencionados. Esto responde al precepto «averigüese lo que el alumno ya sabe y enséñese en consecuencia» (Ausubel, Novak & Hanesian, 2005).

---

Existe una claridad para asumir la representación visual del ciclo del agua, es decir, los estudiantes se apropiaron de las representaciones visuales del “recorrido” por el que se transforma el agua. Sin embargo, a la hora de reflexionar y comprender cada una de las fases del ciclo, los estudiantes tienen dificultades (Valencia & Zarate, 2012).

Los libros de texto fortalecen concepciones alternativas. Algunos autores resaltan que el ciclo del agua se ilustra como “el viaje de una gota de agua”, como si el agua fuera exclusivamente un elemento líquido, omitiendo la importancia del vapor de agua y las lluvias como un proceso de condensación (Calvo, Reyero, Vidal, Morcillo & García, 2007; Valencia & Zarate, 2012).

Debido a que el ciclo del carbono integra diversos procesos complejos (fotosíntesis, respiración y combustión) es difícil que el estudiante se apropie del contenido si no cuenta con conocimientos de química (Labbe, 2002, citado por Rincón, 2011). Especialmente, si es necesario profundizar en las reacciones químicas implicadas y el tipo de enlaces que forma el átomo de carbono con otros elementos, ya que su estructura atómica y configuración electrónica requiere un manejo de los modelos submicroscópicos de química orgánica. A esto se suma que, al ser un gas, es muy difícil que el estudiante reconozca su comportamiento.

Además, los estudiantes no consideran las relaciones entre las transformaciones químicas y las diferentes formas del carbono. Es decir, no se tiene en cuenta la relación entre la forma de los compuestos carbonados y las transformaciones químicas mediadas por la biota y el biotopo (Labbe, 2002, citado por Rincón, 2011).

Una de las principales dificultades es la noción de que el suelo es un sistema estable, sin transformaciones significativas. Por lo que se omiten los procesos de descomposición de la materia y los organismos que participan en ella. Esto influye en que muchas veces no se tengan en cuenta los procesos de reciclaje de la materia orgánica y prevalezcan ideas sobre la “desaparición” de la materia (Esteve & Jaén, 2013).

Asimismo, se desconoce la importancia del nitrógeno en el mantenimiento de la vida porque no se caracteriza su presencia en la vida, como tampoco su comportamiento gaseoso. Por lo que el nitrógeno es un elemento (relativamente) “desconocido” para el estudiante (Luengas, 2014).

---

No se tiene claridad sobre lo que es un ciclo y las transformaciones de la materia en la naturaleza. Aunque se expone a los ecosistemas como un sistema interdependiente de transformaciones, el estudiante no tiene claridad sobre ello (Çetin, 2007). Es relevante hacer la conceptualización de ciclo antes de abordar la circulación de la materia, ya que es la base para entender estos modelos explicativos.

El estudiante omite la influencia de la energía en las transformaciones de la materia. Es decir, se desconoce que los cambios de los elementos o compuestos químicos se deben a la energía presente en los ecosistemas, muchas veces generada por la luz solar. A esto se suma que el profesor da por sentado la presencia de la energía en el flujo cíclico de los elementos que se mueven por el ecosistema. Por lo tanto, es necesario que el profesor exponga las relaciones entre el flujo unidireccional de la energía con los ciclos de la materia, haciendo explícito que las transformaciones de los elementos no se dan por las condiciones del ambiente, sino por la influencia de la energía (Rincón, 2011; Fernández & Casal, 1995).

**¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los estudiantes influyen en su enseñanza de esta idea?**

Los estudiantes creen que el agua se evapora únicamente en los mares y océanos cuando hace calor, pero no se incluye el sol como un factor indispensable en los cambios físicos del agua.

De igual modo, los estudiantes no diferencian entre aire y vapor de agua. Los estudiantes creen que las nubes están conformadas por aire y no por vapor de agua (Valencia & Zarate, 2012).

Frente al agua subterránea, los estudiantes creen que se almacena en lagos debajo de la tierra. Además, consideran que el agua subterránea es un agua estática que ha sido retenida entre rocas que no se mueven. En algunos casos, se considera que las

Existe una confusión con respecto al papel del dióxido de carbono y el oxígeno en la respiración de seres vivos y la fotosíntesis. Algunos estudiantes piensan que el oxígeno es fuente de energía, mientras que el dióxido de carbono es un desecho (Fernández & Casal, 1995).

Existe un arraigo al conocimiento cotidiano que es difícil de superar: “no se puede dormir con plantas en la habitación porque consumen oxígeno (Cañal de León, 1990). No hay una diferenciación entre los procesos de respiración y la fotosíntesis.

Los estudiantes tienen dificultades al reconocer la conservación de la materia en reacciones químicas como la combustión. Es decir, se les dificulta

Los estudiantes creen que el suelo es la fuente de alimento de las plantas, que las raíces son el medio por el cual se alimentan (Cañal de León, 1990). Por lo que la conceptualización de las funciones del suelo y sus condiciones generalmente es difusa.

No se tiene claridad sobre la importancia de los microorganismos, muchas veces ni siquiera se consideran organismos vitales para el mantenimiento del ecosistema, esto se debe principalmente a las dificultades para percibir estos componentes, de manera que sea posible identificarlos, caracterizarlos y analizarlos. Incluso, algunos estudiantes consideran que la función de los microorganismos es realizada por animales pequeños, perceptibles en la naturaleza (Grotzer y Basca, 2003).

	<p>aguas dinámicas que fluyen permiten la formación de ríos subterráneos. En muchos casos, la fase subterránea del ciclo se omite (Calvo, Reyer, Vidal, Morcillo &amp; García, 2007).</p> <p>La mayoría de los estudiantes no considera al hombre como un agente que influye en las transformaciones del agua. Se desconoce las acciones del hombre como un factor determinante en los procesos naturales (Valencia &amp; Zarate, 2012).</p>	<p>comprender que las proporciones de esta reacción química se conservan, aunque la masa de los productos sea menor que los reactivos, ya que el hidrocarburo se oxida y forma un gas que no se puede medir con una báscula que mide objetos sólidos. Por lo que, es imperante facilitar al estudiante herramientas que le permitan conceptualizar la conservación de la materia en reacciones químicas complejas como la combustión, que implican cambios fisicoquímicos.</p>	<p>A esto se suma que, si se reconocen los microorganismos, se les considera como seres o sustancias dañinas que perjudican al ecosistema, desconociendo sus aportes en la producción de nutrientes básicos para el suelo y la masa vegetal de los ecosistemas (Fernández &amp; Casal, 1995).</p> <p>No se tiene claridad sobre la presencia del nitrógeno. Aunque hay cierto consenso sobre la presencia de nitrógeno en animales, plantas, suelo, agua y árboles, no se sabe en qué formas está presente, ni cuáles son sus aportes (Luengas, 2014).</p>
<p><b>¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?</b></p>	<p>El material de enseñanza está dirigido al grado séptimo de cualquier institución educativa colombiana. Es un contexto idealizado que permite delimitar las herramientas a utilizar, así como las características generales de los estudiantes que se tienen que considerar en el diseño de actividades.</p> <p>Profesor(a): Se requiere de un profesional graduado como Licenciado en Biología y Química, que tenga dominio sobre los conocimientos de tipo conceptual, pedagógico y contextual. El profesor deberá ser un individuo autónomo, capaz de tomar decisiones para acercar al estudiante al conocimiento científico, ya que tiene curiosidad y se preocupa por su entorno inmediato, el cual es afectado por las dinámicas industriales y extractivistas de la actualidad.</p> <p>Estudiantes: el material de enseñanza está dirigido a estudiantes con edades entre los 11 a 13 años, por lo que se cuenta con un grupo de estudiantes que finalizan la etapa de <i>operaciones concretas</i> e inician la etapa de <i>operaciones formales</i>. Más cerca de la primera etapa que la segunda, por lo que tienen más cercanía a lo que perciben en su realidad inmediata. Se tiene en cuenta que no se puede sobrecargar la memoria de trabajo con muchos conceptos abstractos que pueden ser contraproducentes en la construcción de modelos mentales coherentes. En consecuencia, se deben utilizar más conceptos concretos que abstractos (Lawson, 1994; Woolfolk, 2010). Se espera que los estudiantes sean individuos participativos, tolerantes y críticos en el aula</p>		

de clase. De este modo se pueden desarrollar el trabajo en equipo, organizar debates y promover reflexiones sobre los efectos directos e indirectos de las actividades humanas sobre el ambiente.

Recursos: Se busca que la institución educativa cuente con espacios propicios para el uso de herramientas digitales con diferentes características, desde el uso de videos e hipertextos, así como simuladores. Es recomendable contar con computadores de gama media que no dificulten el acceso al material digital.

Por último, conviene señalar que uno de los principales recursos para el diseño del material de enseñanza son los referentes curriculares estructurados a través de: los Estándares de Competencias, los Derechos Básicos de Aprendizaje) y la Matriz de Referencia (Ministerio de Educación Nacional, 2006, 2015, 2016). Así como algunos aportes de la literatura frente a la enseñanza del tópico, los cuales incluyen recomendaciones sobre el manejo del contenido.

**¿Qué tecnologías digitales estándar empleas para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?**

Para el uso del material de enseñanza se recomienda utilizar computador de gama media que tenga instalado el software Adobe Flash, ya que el este hace parte de un ejecutable que integra todas las herramientas para el desarrollo de las actividades. Otra opción es el uso de exploradores de internet (Chrome o Firefox) que cuentan con visores integrados de Flash.

También se recomienda el uso de tablero y proyector, que genere una vista general en el desarrollo de actividades por equipos, facilitando el debate y las discusiones. Así mismo, es recomendable el uso de parlantes para escuchar el sonido de los vídeos utilizados.

Aunque el material no necesita acceso a internet, puede ser provechoso tener conexión para facilitar la búsqueda de información adicional, así como las entregas en la plataforma Edmodo, la cual permite hacer un seguimiento al progreso del estudiante.

**¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) más convenientes que utilizas para representar la idea en**

Se cuenta con un simulador que permita reconocer el flujo de una partícula en la naturaleza. De este modo se muestra que una partícula no cambia a pesar de las transformaciones que puede sufrir la sustancia.

A su vez, se utiliza un simulador multimodal que representa los tres

En un primer momento se usan animaciones sobre diferentes procesos: fotosíntesis, respiración y combustión. Cada una sirve tanto para reconocer los reactivos y compuestos de las reacciones implicadas, como para la identificación de factores que inciden en los procesos.

A modo de introducir el tema se utiliza un video sobre la descomposición de algunos vegetales y la apariencia de los microorganismos en ese proceso, incluyendo su importancia en la descomposición de los compuestos nitrogenados.



<b>consideración, y en qué criterios apoyas dicha intención de diseño?</b>	<p>niveles de representación para explicar las transformaciones físicas del agua en la naturaleza.</p> <p>Un video que muestre los diferentes procesos físicos que permiten el flujo del agua en los ecosistemas, con preguntas claves.</p> <p>Por último, se cuenta con un hipertexto que facilita el análisis de una situación problema, así como el acceso a información adicional que permita el debate en el aula.</p>	<p>Teniendo en cuenta lo anterior, se utiliza un video del ciclo del carbono articulando los tres procesos involucrados (fotosíntesis, respiración y combustión) con preguntas claves.</p> <p>Finalmente, se cuenta con un hipertexto que dé cuenta de los efectos de las acciones humanas en el presente y a futuro, teniendo en consideración la contaminación atmosférica. El hipertexto cuenta con diferentes enlaces que permiten aclarar algunos términos y situaciones.</p>	<p>En concordancia con lo anterior, se aborda una imagen interactiva del ciclo del nitrógeno desde los tres niveles de representación que permitan al estudiante entender el modelo explicativo desde diferentes tipos de signos.</p> <p>Después, se utiliza una animación que dé cuenta del crecimiento de las leguminosas en el suelo, permitiéndole al estudiante reconocer la función de las bacterias en la fijación y asimilación del nitrógeno para las plantas.</p>
<b>¿Por qué utiliza las anteriores herramientas digitales para representar la idea en consideración? ¿Qué criterios apoyan dicha intención de diseño?</b>	<p>Ante todo, el desarrollo de la unidad requiere una claridad sobre la idea del <i>ciclo</i> como un proceso cuyo principio y fin son el mismo, por lo que el inicio es necesario abordar la idea de ciclo por medio de un simulador sencillo que dé cuenta del flujo de una partícula como resultado de la energía solar. Esto posibilita al estudiante formular ideas claras sobre la circulación de una partícula en ambientes naturales.</p> <p>En el desarrollo de esta sub-idea es fundamental que el estudiante reconozca que, aunque el agua cambia su apariencia física, sus propiedades como sustancia y sus moléculas no se</p>	<p>En el avance de esta sub-idea, es necesario hacer énfasis en la conservación de la materia en las reacciones fisicoquímicas en las que intervienen los seres vivos y el ser humano. Es decir, hacer explícito que a pesar de que los compuestos carbonados se transforman, los átomos de carbono no cambian, sino que conservan su identidad.</p> <p>Razón que explica porque es relevante un análisis detenido de la fotosíntesis, la respiración y la combustión, procesos que el estudiante conoce y puede describir de forma aislada, tanto por su bagaje académico como por los saberes de la cotidianidad. Por eso, se utiliza una</p>	<p>Al igual que en el ciclo del carbono, se debe abogar por la conservación de la identidad de los átomos y las moléculas frente a las reacciones químicas. Sin embargo, la diferencia recae en la importancia de los seres vivos que permiten el reciclaje de compuestos nitrogenados en el suelo, es decir, los microorganismos. Por lo tanto, el desarrollo de esta idea aboga en la conservación de la identidad de los átomos en las transformaciones bioquímicas mediadas por los microorganismos.</p> <p>De este modo, al principio se utiliza un video que ilustra la relación entre la descomposición de alimentos y la acción</p>

ven afectadas por estas transformaciones. De esta manera se responde a la necesidad de reconocer la conservación de la identidad de la molécula ante los cambios físicos (Calvo, Reyer, Vidal, Morcillo & García, 2007).

Por lo tanto, es necesario abordar el ciclo del agua de forma dinámica y clara. Razón por la cual, se utiliza otro simulador similar al primero, que permita al estudiante conceptualizar los cambios físicos visibles del agua como producto de su estructura molecular qué, a su vez, depende de las condiciones del ambiente, especialmente los cambios de temperatura. Este simulador se asimila al primero en virtud de relacionar la idea de ciclo aplicado a una sustancia específica. Además, este articula los diferentes niveles de representación: desde el nivel macroscópico con los cambios físicos perceptibles, luego el nivel submicroscópico que determina el ordenamiento de la sustancia, y finalmente el nivel simbólico que trata de darle sentido el modelo explicativo.

De esta manera, el racionamiento de la información en sus justas proporciones permite la comprensión del modelo

animación simplificada de los procesos de forma independiente, que permita al estudiante caracterizar los factores y las condiciones que rodean a las reacciones implicadas desde los tres niveles de representación que hacen parte del modelo explicativo. Es decir, se reconoce el nivel macroscópico dominado por el estudiante, también el nivel simbólico que el estudiante empieza a utilizar, así como el nivel submicroscópico que desconoce, pero empieza a conocer.

Después, de forma más concisa, se utiliza un video sobre el ciclo del carbono que permita articular los tres procesos involucrados, a saber: fotosíntesis, respiración y combustión. Reconociendo las diferencias de cada proceso, lo que puede permitir establecer relaciones entre todo el ciclo del carbono. A esto se suma que se articulan los niveles de representación macroscópico, submicroscópico y simbólico para no perder de vista la conservación de la materia entre los tres procesos. De esta manera se establecen relaciones estructuradas sobre el intercambio de carbono en la atmósfera.

Para terminar, se aboga por la lectura de un hipertexto que represente otra

de los microorganismos, resaltando el carácter macroscópico de lo observable y su representación simbólica.

Posteriormente, a modo de profundizar, se utiliza una imagen interactiva que dé cuenta del ciclo del nitrógeno en sus tres niveles de representación. Dada la complejidad de este modelo explicativo por las reacciones de oxidación y reducción implicadas, preponderan los niveles macroscópico y simbólico para definir el modelo. Se debe agregar que, la imagen reconoce la importancia de los microorganismos como mediadores del proceso, tratando de superar las concepciones alternativas que desconocen su presencia e importancia en el mantenimiento de la vida (Çetin, 2007; Maldonado, González & Jiménez, 2007)

Por último, se utiliza una animación que ponga en evidencia como se fija y asimila el nitrógeno en algunos alimentos básicos, como son las leguminosas. Este ejercicio reconoce la importancia del suelo como hábitat de organismos vivos que facilitan nutrientes a la planta (microorganismos) al hacer simbiosis en las raíces. Este tipo de material permite un análisis detallado de la captación de nitrógeno como proceso

---

explicativo, dado que no se presentan más de de  $5 \pm 2$  elemento de información, que pueden saturar la memoria de trabajo del estudiante como es el caso de las ilustraciones en los libros de texto (Woolfolk, 2010; Maldonado, González & Jiménez, 2007; Cedrán, 2011; Candela, 2017). Lo mismo se piensa para el resto de los simuladores utilizados en las otras sub-ideas, los cuales deben responder a la sencillez para presentar información racionadamente.

Con el propósito de profundizar, y no dar por sentado los procesos físicos implicados en la circulación del agua, se utiliza un video explicativo que da información clave sobre las condiciones y circunstancias por las cuales el agua líquida fluye en el ambiente. De este modo, se complementan los cambios de estado del simulador con los procesos físicos del agua al circular por los ecosistemas, diferenciando que el líquido que el estudiante conoce sólo responde a una parte de la circulación del agua en la capa terrestre (Valencia & Zarate, 2012).

Finalmente, el uso de un hipertexto para analizar una situación problema

---

situación problema, lo que requiere un análisis estructurado para producir una pieza comunicativa sobre el desequilibrio provocado en el ciclo del carbono, entendiendo las consecuencias del desarrollo humano en el entorno. El uso del hipertexto responde a la necesidad de ofrecer distintos elementos (imágenes, vídeo, audio, etc.) que permitan al estudiante informarse sobre una situación concreta para comunicarla a otros, propiciando el dominio de la lectura de diferentes modos semióticos (textos), así como el uso de herramientas tecnológicas (Maldonado, González & Jiménez, 2007; Mohan & Anderson, 2009)

clave para el crecimiento vegetal (Cañal, 1990).

---

se debe a la necesidad de fomentar la habilidad lingüística de la lectura, con el propósito de argumentar una postura en un debate. Se utiliza un hipertexto y no un texto teniendo en cuenta las potencialidades de las tecnologías de la información con la nueva forma de lectura no-lineal que prepondera en la red.

Además, a diferencia de la lectura convencional, los hipertextos permiten establecer relaciones con otro tipo de elementos (imágenes, vídeo, audio, etc.) que facilitan la construcción de estructuras mentales más elaboradas.

Conviene que el estudiante (con apoyo del profesor) reconozca el carácter de la situación problema teniendo en cuenta su articulación con el contexto, ya que facilita la asimilación y acomodación de las ideas desarrolladas con anterioridad a medida que se elaboran argumentos para el debate.

---

**¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esta idea).**

En un principio es necesario concretar un lenguaje común en el aula de clase, es decir, establecer las diferencias entre los tres niveles de representación de las ciencias a modo de integrar a los estudiantes en las discusiones y explicaciones que se dan desde el lenguaje de las ciencias (Johnstone, 2006; Candela & Viáfara, 2014). Esto permite tener una claridad sobre el carácter representativo de los modelos explicativos y la importancia de los diferentes signos utilizados para denotar las relaciones y definiciones del fenómeno.

---

---

Se tiene en cuenta el modelo de enseñanza del ciclo del aprendizaje, ya que facilita la comprensión del estudiante frente a un contenido de las ciencias. Dicho ciclo está configurado por un conjunto de actividades de aprendizaje de naturaleza práctica y fomento del pensamiento crítico, algo necesario para la construcción de ideas y conceptos científicos desde la interacción social. En este sentido, se consideran 3 fases. Entre ellas se emplea la fase de exploración, en la que se involucra al estudiante con su entorno perceptible e inmediato, se considera que sirven como ejercicios de observación para “explorar” el fenómeno de primera mano; por otra parte, se tiene en cuenta la fase de introducción, en la que se introduce la construcción conceptual a partir de las ideas previas de los estudiantes, incluyendo la información recolectada de los libros de texto y modelos explicativos que permitan profundizar en el fenómeno; y por último, se desarrolla la fase de aplicación, en la cual se favorece el uso del conocimiento construido por el estudiante situaciones concretas donde las acciones del ser humano tienen implicaciones en el ambiente (Lawson, 1994).

Con respecto al ordenamiento del aula de clase, se adoptan diferentes disposiciones considerando las necesidades y potencialidades que ofrece la idea que se aborda en cada momento. De modo que el orden de trabajo puede variar desde la interacción con todo el grupo del aula, pequeños grupos de discusión, trabajo individual o la no interacción. Así, se pretende que los estudiantes aborden progresivamente el contenido, es decir, tengan un acompañamiento en el desarrollo de las ideas que permiten la construcción de un modelo explicativo (Candela, 2016; Williams, Schrum, Sangra & Lourdes; 2004)

Además, se tiene presente la importancia de los pequeños grupos de discusión que permitan el discurso dialógico para abrir el debate sobre la influencia de las acciones humanas sobre el ecosistema (Candela, 2016). De esta manera se invita al estudiante a participar y reflexionar sobre las causas de los problemas ambientales en su realidad, así como reconocer críticamente los efectos y potencialidades de la acción ciudadana en diferentes escenarios. A modo de complementar, algunos estudios demuestran que las actividades que incluyen grupos de discusión muestran mayor comprensión de los procesos involucrados en la transformación de la materia, ya que se cuestionan y enriquecen los diferentes puntos de vista (Esteve & Jaén, 2013).

Teniendo en cuenta los diferentes aspectos mencionados con anterioridad, se procede a la presentación del conjunto de actividades de aprendizaje diseñadas, secuenciadas y temporalizadas, las cuales responden a las limitaciones y necesidades del estudiante. La unidad está estructurada en tres grandes actividades, en las que cada una desarrolla una sub-idea que determina el abordaje para cada ciclo biogeoquímico en el aula. A su vez, cada gran actividad está dividida en 3 actividades que responden a las fases del ciclo de aprendizaje. De esta manera se pretende garantizar el logro de la meta de aprendizaje estructurada al inicio de la ReCo.

Conviene subrayar que teniendo en cuenta el desarrollo de cada sub-idea, se hace necesario aclarar las metas de aprendizaje antes de realizar las actividades con el propósito de que sean claros los propósitos y objetivos del trabajo desarrollado.

---

Se organiza el grupo de trabajo en pequeños equipos de tres personas, con el propósito de que se generen distintos puntos de vista frente al simulador y la conceptualización del ciclo. En la fase de **Exploración** se realiza un ejercicio sobre el flujo de una partícula en el ecosistema. Se responden unas preguntas sobre el modelo representado que permitan construir ideas sobre el ciclo. Al responder las preguntas y elaborar un párrafo coherente que defina el ciclo, se organiza el grupo de trabajo en círculo para encontrar puestas en común sobre el flujo de la partícula. El profesor/diseñador sirve como mediador para llegar a consensos y orientar la discusión sobre las diferencias y similitudes entre los equipos.

En la fase de **Introducción**, con los mismos equipos, se analiza la circulación del agua. Para ello, el profesor/diseñador debe diferenciar los tres niveles de representación y su importancia en la construcción de un modelo explicativo. Se presenta el simulador y su funcionamiento, luego se responden las preguntas que permiten entender las relaciones entre las representaciones macroscópicas,

Para el desarrollo de esta actividad es importante que los estudiantes realicen un trabajo individual, ya que la fase de **Exploración** requiere describir e identificar factores y condiciones sobre fenómenos presentados en animaciones cortas, de los cuales el estudiante tiene conocimiento, tanto por su bagaje académico, como su experiencia cotidiana. Por lo que esta fase se divide en subniveles que dan cuenta de las transformaciones del carbono en tres procesos, a saber: fotosíntesis, respiración y combustión. La secuencia para abordar los subniveles responde a la necesidad de relacionar conceptos en común. Al responder las preguntas planteadas durante las animaciones, el estudiante expone sus ideas a todo el grupo para llegar a consensos sobre las relaciones entre los tres fenómenos analizados.

Se organizan pequeños grupos de discusión de tres personas para ver un video sobre el ciclo del carbono que integra los tres procesos en la fase de **Introducción**. El video cuenta con unas preguntas claves en tiempos críticos que le permiten al estudiante centrarse en las ideas a desarrollar. Cuando los equipos concluyen y responden las preguntas, el profesor/diseñador promueve un diálogo

Se inicia la actividad con equipos de trabajo de tres personas que respondan algunas preguntas a partir de un video que relaciona los procesos de descomposición vistos desde una perspectiva macroscópica acompañados, a su vez, por una vista del micro (observado a través del microscopio) que dé cuenta de la acción de los microorganismos presentes en este proceso. Por lo que la fase de **Exploración** se desarrolla cuando los equipos lleguen a concluir sobre las preguntas sobre las primeras impresiones de la descomposición, el grupo de trabajo se organiza en círculo para discutir las respuestas. En este momento, el profesor/diseñador orienta la discusión sobre la conceptualización de la descomposición, así como la importancia de los microorganismos en este proceso.

Ahora bien, ya definida la descomposición como uno de los procesos de reciclaje, en la fase de **Introducción** es necesario reconocer la importancia del suelo y los microorganismos que lo habitan para la circulación de materia descompuesta. Para ello se utiliza una imagen interactiva que reconoce los principales procesos para la circulación del nitrógeno. A partir de esta se realiza un

<p>submicroscópicas y simbólicas frente a las transformaciones y el flujo del agua.</p> <p>Al finalizar las preguntas, se organiza el grupo de trabajo en semicírculo, y se declaran las ideas en común o contrapuestas entre los equipos de trabajo. El profesor/diseñador orienta una conclusión sobre el ciclo del agua y la importancia de entender este modelo desde los diferentes niveles de representación, ya que permite entender la conservación de la identidad molecular del agua, aunque esta sustancia cambie su apariencia.</p> <p>Después, se organiza el grupo de trabajo de forma individual en filas, que permitan ver el video sobre los procesos físicos que permiten el flujo de agua líquida en la capa terrestre. Se puede proyectar el video u organizar trabajo individual dependiendo de las condiciones del aula. Cuando se termine de ver el video, se responden las preguntas presentadas en momentos críticos, y se socializan en el tablero.</p> <p>Finalmente, en la fase de <b>Aplicación</b> se sigue con el trabajo individual para la lectura del hipertexto. Al concluir la</p>	<p>en torno a cada pregunta teniendo en cuenta las circunstancias contextuales. Es decir, el profesor reconoce ante los estudiantes que lo presentado en el video puede explicar algunas situaciones en la realidad inmediata de la cotidianidad. Lo que promueve la apropiación de conocimientos científicos para explicar la realidad.</p> <p>Para concluir, se realiza la lectura de un hipertexto en equipos de trabajo de 5 personas durante la fase de <b>Aplicación</b>. Esta cantidad de estudiantes facilita el diálogo y el trabajo colaborativo en el desarrollo de un video que permita entender a la comunidad las consecuencias del desequilibrio en el ciclo del carbono. Por lo que, al finalizar la lectura del hipertexto y revisar otros recursos adicionales (imágenes, video, audio, etc.), el profesor/diseñador orienta en la construcción de argumentos convincentes que permitan reflexionar sobre la problemática y que puedan ser llevados a un producto comunicativo.</p> <p>Como resultado de este proceso, cada equipo de trabajo presenta su video ante toda el aula, buscando mejorar a partir de las recomendaciones y las observaciones de sus compañeros sobre los argumentos y las herramientas</p>	<p>trabajo en equipos de tres personas, en el que se interpreta la imagen desde los tres niveles de representación que componen el modelo. Por lo que se utilizan unas preguntas que invitan al estudiante a describir, definir e interpretar algunos aspectos de la circulación de nitrógeno. Al acabar de concretar las respuestas, los estudiantes se organizan en equipos, a los cuáles se les da la tarea para representar un modelo explicativo sobre el reciclaje y flujo de la materia orgánica de un alimento por medio de la descomposición microbiana.</p> <p>El profesor/diseñador debe orientar el trabajo al reconocimiento de que la descomposición es un proceso necesario para transformar los alimentos en formas más simples, las cuales sirven como nutrientes para las plantas. Cuando los equipos terminen sus diagramas, se pega cada uno en el tablero a modo de exposición, se caracterizan las similitudes y las discrepancias entre los modelos explicativos. El profesor/diseñador hace las respectivas observaciones, destacando los aciertos sobre las falencias para fortalecer la confianza del estudiante ante el contenido que puede ser complejo, pero que eventualmente será abordado en cursos superiores.</p>
--	---	---

	<p>lectura, el grupo de trabajo se divide en dos, ya que se deben defender posturas contrarias sobre la inundación de un barrio a partir de un juego de roles. Este ejercicio permite construir argumentos sobre una situación particular desde los conocimientos adquiridos sobre la circulación del agua.</p>	<p>utilizadas. Este último ejercicio favorece el uso de diversas formas de expresión, así como el uso de conceptos sobre los efectos de las actividades humanas, y promueve el desarrollo de la personalidad, ya que exige el respeto por las otras opiniones sobre un proceso creativo.</p>	<p>Finalmente, en la fase de <b>Aplicación</b> se analiza una animación sobre el cultivo de leguminosas, articulándose a la actividad anterior y concretando aspectos sobre la circulación del nitrógeno. También está la posibilidad de complementar esta actividad con la vista de un vídeo que muestra la siembra de leguminosas sin utilizar fertilizantes.</p> <p>Teniendo en cuenta este propósito, se mantienen los grupos de discusión, se observa detalladamente la animación y se responden las preguntas sobre el crecimiento de este tipo de plantas. Para concluir, es necesario esclarecer ideas sobre el ciclo del nitrógeno, algunas características del suelo y la importancia de los microorganismos. La claridad de los conceptos se concreta en la elaboración de un manual de siembra orgánica de leguminosas.</p>
<p><b>¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas o no por las tecnologías digitales empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas? ¿Qué</b></p>	<p><b>ACTIVIDAD 1. CICLO HIDROLÓGICO</b></p> <p><b>Actividad 1.1-</b> Conceptualización de la idea de “ciclo” en la naturaleza.</p> <p><b>Actividad 1.2-</b> El ciclo del agua abordado desde los diferentes niveles de representación.</p>	<p><b>ACTIVIDAD 2. CICLO DEL CARBONO</b></p> <p><b>Actividad 2.1-</b> Identificación y descripción de los procesos involucrados en el ciclo del carbono.</p> <p><b>Actividad 2.2-</b> El ciclo del carbono abordado desde los diferentes niveles de</p>	<p><b>ACTIVIDAD 3. CICLO DEL NITRÓGENO</b></p> <p><b>Actividad 3.1-</b> Descomposición de alimentos y características de los microorganismos en el suelo.</p> <p><b>Actividad 3.2-</b> El ciclo del nitrógeno abordado desde los diferentes niveles de</p>



<b>juicios pedagógicos apoyan el diseño de dichas actividades?</b>	<b>Actividad 1.3</b> – Influencia de las actividades humanas en el ciclo del agua: interrupción de la fase subterránea y sus consecuencias.	representación (la fotosíntesis, la respiración y la combustión).	representación: el origen de los nutrientes para las plantas y el suelo.
		<b>Actividad 2.3</b> – Efectos de las acciones del ser humano en la atmósfera: contaminación del aire y posibles soluciones alternativas.	<b>Actividad 3.3</b> – La captación del nitrógeno en las leguminosas: manejo responsable del suelo teniendo en cuenta los procesos naturales.
<b>¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los estudiantes emplea alrededor de esta idea?</b>	<p>Para esta unidad se propone una <i>evaluación formativa</i> con el propósito de hacer seguimiento a las acciones y pensamientos del estudiante en cada una de las actividades. De este modo, el profesor/diseñador puede reconocer si el estudiante comprende y domina lo que se plantea a través de las metas de aprendizaje. Por lo tanto, al regular las acciones del estudiante se establecen tres criterios: la comprensión de los modelos explicativos; las habilidades de lectura, análisis y escritura en los diferentes niveles de representación; y las actitudes desarrolladas a lo largo de la unidad (Díaz-Barriga &amp; Hernández, 2002; Rosales, 2014; Fernández, 2017).</p> <p>A esto se suma que para este diseño se ha considerado algunos preceptos de la Matriz de Referencia (2016) del grado séptimo, presentados al inicio de esta heurística. Al analizar dichos preceptos se reconoce la importancia del uso de conceptos orientados a la promoción de actitudes reflexivas sobre las relaciones interdependientes en el ecosistema, así como la influencia de las actividades humanas en el entorno. Este referente curricular orientó la realización de actividades que permitan la reflexión en el aula por medio de cada sub-idea, lo que se evalúa por medio de las <i>Evidencias</i> exigidas por la Matriz de Referencia y los Derechos Básicos de Aprendizaje.</p> <p>En definitiva, la evaluación de la siguiente unidad se visualiza como una evaluación formativa, siguiendo determinados criterios (saberes, habilidades y actitudes), que en determinado momento se hacen anotaciones cualitativas para mejorar el proceso de aprendizaje del estudiante, ya que sirven para la retroalimentación del proceso de aprendizaje que sigue el estudiante.</p> <p>Enseguida se presentan los criterios específicos de evaluación formativa para el desarrollo de las sub-ideas:</p> <p>En el desarrollo de cada sub-idea debe evaluarse la progresión en la conceptualización del principio de conservación de la identidad de la sustancia, de los átomos y las moléculas frente a las transformaciones fisicoquímicas que se dan en la naturaleza.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En el ciclo del agua se debe reconocer que los cambios de apariencia del agua se deben a la configuración submicroscópica de las moléculas; y que dicha configuración es resultado de las</li> </ul>		

---

condiciones ambientales de la naturaleza (temperatura principalmente). A medida que reconozca esta idea en cada una de las preguntas realizadas, el profesor/diseñador puede asegurarse que el estudiante avanza en la comprensión del fenómeno, así como en la construcción de su propio modelo explicativo sobre el flujo del agua en la naturaleza.

- Tanto para el ciclo del carbono, como del nitrógeno, es relevante que se reconozca que los átomos no cambian su identidad, aunque se enfrenta a diversas reacciones mediadas por los seres vivos y las actividades del hombre. Así mismo, el estudiante tiene que comprender que las reacciones involucradas en los ciclos naturales mantienen sus proporciones, independientemente de las condiciones que lo rodean, es decir, el principio de conservación de la masa. Por lo que, al alcanzar este grado de conceptualización, el profesor/diseñador puede asegurarse que el estudiante ha empezado a desarrollar su modelo explicativo teniendo en cuenta el principio de la conservación de la materia, el cual se maneja a profundidad en grados superiores.
- Así mismo, en el ciclo del nitrógeno es importante reconocer la importancia de los microorganismos como mediadores en las transformaciones fisicoquímicas. Por lo que, a medida que el estudiante comprenda que la descomposición es un proceso en el que los compuestos de la materia orgánica se transforman en sus compuestos más sencillos, los cuales sirven como nutrientes a las plantas y el suelo.

Es indispensable que el estudiante reciba una retroalimentación de su proceso de aprendizaje, ya que los ciclos y las transformaciones involucradas son conceptos abstractos que exigen cierto grado de experticia en química y biología. El profesor/diseñador debe promover, por medio de anotaciones, las facultades y capacidades del estudiante fomentando la confianza en el proceso de aprendizaje, ya después se pueden hacer anotaciones a las dificultades o faltas del estudiante a modo de mejorar este proceso.

Frente la adquisición de habilidades debe evaluarse que el estudiante sea capaz de caracterizar los diferentes niveles de representación propios de los ciclos biogeoquímicos. La lectura, interpretación y análisis de las representaciones del agua, el carbono y el nitrógeno debe considerarse como habilidades adquiridas porque permite la construcción de un modelo explicativo propio; sin contar, que el dominio de estas representaciones permite la lectura consciente de las transformaciones químicas y físicas mediadas por seres vivos, situaciones vistas en cursos superiores.

Finalmente, el desarrollo de actitudes debe verse reflejado en la construcción de argumentos para el cuidado de los recursos naturales como el agua, el suelo y los bosques. De manera que los conocimientos se vean reflejados en el desarrollo de una postura crítica, así como en la toma de decisiones responsables como ciudadano. Igualmente, debe evaluarse el trabajo en equipo y el respeto por otras opiniones y puntos de vista.

---

Por otra parte, en la culminación de cada sub-idea se llega a un producto, el cual debe responder a criterios específicos de evaluación determinados como **Evidencia** en los referentes curriculares, tales como:

#### Evidencia de los Derechos Básicos de Aprendizaje

- Explica a partir de casos los efectos de la intervención humana (erosión, contaminación, deforestación) en los ciclos biogeoquímicos del suelo (Carbono, Nitrógeno) y del agua y sus consecuencias ambientales y propone posibles acciones para mitigarlas o remediarlas.
- Establece relaciones entre los ciclos del Carbono y Nitrógeno con el mantenimiento de los suelos en un ecosistema
- Reconoce las principales funciones de los microorganismos, para identificar casos en los que se relacionen con los ciclos biogeoquímicos y su utilidad en la vida diaria.

#### Evidencias de la Matriz de Referencia

- Reconoce algunas actividades humanas que generan impactos ambientales positivos y negativos.
- Identifica los componentes bióticos y abióticos involucrados en la dinámica de los ecosistemas y las interrelaciones existentes entre estos componentes.

(Ministerio de Educación Nacional, 2015; 2016)

A continuación, se presentan los criterios de evaluación a cada producto final de las sub-ideas.

El producto del ciclo del agua lleva a un juego de roles que genera un espacio para exponer posturas y argumentos estructurados sobre una situación problema.	El resultado del ciclo del carbono es la realización de un video que analiza las consecuencias del desequilibrio en el ciclo del carbono provocado por el ser humano en una situación problema concreta.	La última actividad del ciclo del nitrógeno es la elaboración de un manual de siembra orgánica y responsable, teniendo en cuenta las características del suelo y la acción de los microorganismos en la producción de nutrientes para las plantas.
A fin de evaluar esta actividad, se debe considerar la estructuración de los argumentos utilizados, así como la relevancia de las explicaciones utilizadas para reconocer como la intervención humana genera efectos sobre el entorno propio de la situación	Con el objetivo de valorar esta actividad, el profesor/diseñador debe reconocer como un trabajo en equipo que permite la estructuración y presentación de ideas sobre las actividades humanas, identificando sus efectos en los seres vivos y en el entorno, así como las	En aras de evaluar el manual de siembra, debe identificarse en su elaboración los argumentos e ideas que explican que los microorganismos contribuyen en el mantenimiento de los suelos por su labor

problema, y del contexto particular del estudiante.	medidas a futuro para prevenir consecuencias mayores.	en el reciclaje de los nutrientes elementales en el ecosistema.
Igualmente, es necesario valorar las propuestas de los estudiantes para mitigar o remediar la situación problema presentada, teniendo en cuenta las consecuencias del problema a futuro, así como su factibilidad.	De la misma manera, es importante anotar el proceso creativo para informar a la comunidad. De ahí se valoran la precisión y uso de conceptos que apoya críticamente la toma de medidas frente a una situación problema concreta y, posiblemente, situaciones del contexto.	Además, al realizar el manual, los estudiantes deberían reconocer los factores que condicionan y afectan la siembra de alimentos. Siendo las acciones del ser humano un factor que tiene consecuencias negativas en el suelo, dado el indiscriminado uso por los monocultivos, uso de fertilizantes y herbicidas que acaban con los microorganismos.

Fuente: Adaptado y ajustado por Candela (Curso de problemas de la enseñanza y aprendizaje de la química Universidad del Valle, 2015) desde Loughran et al. (2004, 2006).

## 4.2. MATERIALIZACIÓN DE LA TEORÍA DE DOMINIO ESPECÍFICO

La materialización llevó a un ejecutable, el cual integra cada una de las herramientas que sirven para representar los ciclos biogeoquímicos. Para descargar el programa es necesario contar con un *navegador actualizado* que sea compatible con la versión más reciente de Google drive o Dropbox, así mismo tener la versión actualizada de Winrar para descomprimir la carpeta que contiene el material y la versión de *reproductor Flash actualizada* para abrir el material. El enlace de descarga esta dado por un GoogleSites en la dirección:

<https://sites.google.com/view/ciclosbiogeoquimicos/inicio>,

Con este material es posible acceder a una serie de actividades que aborda tres sub-ideas articuladoras (ciclo del agua, del carbono y nitrógeno), las cuales utilizan videos, simuladores e hipertextos para que se puedan cumplir con las metas de aprendizaje planteadas en el diseño.



Figura 9. Interfaz del material de enseñanza en formato digital, con su correspondiente resumen, así como los enlaces a las actividades y recursos.

Conviene resaltar que el material de enseñanza cuenta con su respectivo material de apoyo que orienta al profesor sobre su uso en el aula, así mismo con la cartilla del estudiante, la cual tiene instrucciones e indicaciones de cada actividad. Estos materiales complementarios se encuentran en el enlace de descarga.

## CONCLUSIONES

Al término de este trabajo, centrado en el diseño de un material de enseñanza sobre los ciclos biogeoquímicos con coherencia intracurricular, se llegan a varias conclusiones en torno al problema, los objetivos planteados, la metodología utilizada para lograr lo propuesto, y los productos finales, tales como la construcción de una teoría de dominio específico y la materialización de esta a través del diseño y secuenciación de un conjunto de actividades de aprendizaje. A continuación, se sintetizan las ideas que resultaron de cada aspecto, teniendo en cuenta sus aportes tanto al trabajo, como al desarrollo de otras propuestas futuras.

Con respecto al problema, es necesario reconocer la brecha entre la teoría y la práctica educativa que lleva a la falta de coherencia intracurricular de las unidades que se desarrollan en los cursos. Es decir, la secuenciación de los conceptos fundamentales y la profundidad con la que son estudiados no son acordes a las necesidades y capacidades de los aprendices, las cuales son estudiadas en las investigaciones del campo educativo y la literatura de ciencias. Esta dificultad se presenta en la enseñanza de las ciencias porque no se realiza un ejercicio reflexivo entre las decisiones tomadas en el aula y las recomendaciones u observaciones realizadas por los especialistas en el campo educativo. De ahí que, los esfuerzos para dar solución a este problema son valiosos en la medida que sirven para retroalimentar la labor práctica del profesor como un diseñador, el cual busca solucionar los problemas tanto de aprendizaje como de enseñanza en el contexto escolar.

Llegados a este punto, es oportuno resaltar el papel que cumplen las investigaciones realizadas en el marco de los Estudios de Diseño, las cuáles aportan solución a la falta de coherencia curricular en las aulas de clase por medio de la creación de teorías de dominio específico o *teorías prácticas*. Al finalizar este trabajo se entiende que, en la construcción de las teorías se deben contar con diferentes elementos que condicionan el proceso de enseñanza-aprendizaje (a saber: el conjunto de ideas que configuran el contenido; propósitos de aprendizaje; dificultades/limitaciones y concepciones alternativas; estrategias de enseñanza; formas de representar y formular las ideas; la evaluación formativa del contenido; y las condiciones del contexto escolar). Estos elementos devienen de la práctica escolar y las investigaciones en el campo educativo como referentes complementarios para el diseño. Razón por la cual, en la

creación de teorías de dominio específico convergen tanto la teoría como la práctica educativa y disminuye la -ya muy mencionada- brecha.

De manera que, desde esta línea de investigación, el *diseño educativo* es un ejercicio reflexivo que exige al profesor/diseñador realizar su labor como un ser consciente de sus propias decisiones en el aula teniendo presente el aporte de diferentes investigaciones y su propia práctica escolar. Por lo tanto, a pesar de que existen otras ópticas en el campo educativo que difieren de los métodos y conceptos de esta línea de investigación, la construcción reflexiva y estructurada de las *teorías prácticas* es una respuesta acertada y relevante ante la brecha entre la teoría y la práctica educativa que llama la atención y todavía está vigente, sobre todo en la cultura anglosajona. Cabe aclarar, que la postura asumida a lo largo de este trabajo no desmerita los otros enfoques que proponen alternativas diferentes en la enseñanza de las ciencias.

Ahora bien, es necesario reconocer y resaltar el valor de la ReCo para favorecer el diseño educativo desde toda su complejidad como proceso reflexivo y decisorio. Esta heurística integra y articula diferentes aspectos que influyen en la enseñanza de un tópico específico, por eso, su valor como herramienta metodológica debe tenerse en cuenta en otros trabajos que aboguen por las relaciones entre la teoría y la práctica educativa, y en consecuencia fundamenten la coherencia curricular en el diseño educativo.

Teniendo en cuenta lo anterior, los objetivos y la metodología de este trabajo plantean que el diseño de un material va más allá de la simple culminación de una secuencia de actividades en un medio digital. Por consiguiente, lo que se logró fue una reflexión sobre los diferentes referentes que han investigado y tratado la enseñanza de los ciclos biogeoquímicos, construyendo una teoría práctica o *teoría de dominio específico* orientada por la coherencia intracurricular. Por lo tanto, el desarrollo de la ReCo permite reflexionar que la materialización del ambiente de aprendizaje no es el fin del diseño educativo (perspectiva que orienta muchos materiales digitales) sino que se vuelve un medio para reflexionar sobre la práctica educativa en el aula.

Es relevante anotar que una de las tareas de alta demanda más significativas de este trabajo fue la articulación de los referentes curriculares para el desarrollo de la unidad. Es decir, existe una exigencia inherente al reconocimiento reconocer las relaciones entre los Estándares Básicos de Competencias, los Derechos Básicos de Aprendizaje y la Matriz de Referencia. Si bien, todos

estos referentes tienen relaciones explícitas cuando se trata del contenido a tratar, no se tenía claridad sobre los objetivos de cada uno de ellos en el diseño. Fue necesario comprender que los EBC estructuran las posibles competencias que deben desarrollar los estudiantes a lo largo de los cursos dependiendo del contexto escolar, los DBA tienden a condicionar los conocimientos que debe alcanzar los estudiantes en cada grado, y la Matriz de Referencia establece los conocimientos evaluables por las pruebas de Estado que hacen posible el acceso a la educación superior. De esta manera los EBC y los DBA sirven para estructurar las metas de aprendizaje, así como las estrategias y procedimientos en el diseño. Por su parte, los DBA y la Matriz de Referencia orientan la evaluación formativa del proceso de aprendizaje. Por lo tanto, la articulación de los referentes curriculares fue una exigencia que poco a poco fue solucionada con la guía del director de tesis.

Por lo que se refiere al producto final, el material de enseñanza está sustentado en las teorías de dominio específico que yacen en la ReCo de los ciclos biogeoquímicos es una contribución muy importante al proceso de enseñanza y aprendizaje de dicho contenido, teniendo en cuenta que muchas de las consideraciones aquí hechas se omiten o se dan por sentado en la mayoría de las propuestas de enseñanza de este tipo. A continuación, algunas de las consideraciones más importantes:

En primer lugar, lo significativo que resulta la diferenciación e integración de los tres niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico) para entender los ciclos biogeoquímicos como modelos explicativos. Es una anotación muy importante, ya que el uso indiscriminado de modos semióticos en los recursos utilizados por el profesor o los libros de texto tienden a confundir al estudiante porque son muy variados, arbitrarios y muchas veces sin explicación ni contexto aparente. Es así como la diferenciación de los tres niveles propuesta a lo largo del conjunto de actividades de aprendizaje tiene como fin el de brindarle a los estudiantes la oportunidad de establecer un sistema semiótico común, determinado por el lenguaje de las ciencias, el cual sirve como punto de apoyo para analizar y representar las transformaciones del ambiente.

En segundo lugar, lo relevante que resultan los aportes de la psicología, especialmente la determinación de *las etapas del desarrollo humano*, las cuales orientan al profesor a entender las capacidades y limitaciones del aprendiz, y así poder diseñar una propuesta que favorezca el



desarrollo cognitivo del individuo. En este caso, fue importante tener presente las características de los estudiantes de grado séptimo (niños entre 11 a 13 años), que se encuentran en la etapa de operaciones concretas, en la que se desarrollan aspectos básicos de razonamiento como la *conservación de la identidad*. Por lo que, el diseño debe ir orientado al desarrollo de este aspecto básico de razonamiento que permite identificar que la materia no se crea ni se destruye, sino que se transforma manteniendo su identidad.

En cuarto lugar, la utilidad y la variedad de herramientas que ofrecen las nuevas tecnologías para plasmar las teorías de dominio específico, o incluso para desarrollar materiales de enseñanza de otras líneas del campo educativo. En este caso, el uso de la plataforma Adobe permitió el desarrollo de un material visualmente estético, integral y accesible sin acceso a internet. Claro está que el uso de estas herramientas requiere cierto grado de experticia, sin embargo, la red ofrece gran variedad de tutoriales e instructivos que permiten acceder a todo tipo de programas. Lo anterior lleva a considerar que, en la era del conocimiento, el profesor debe tener la disposición para apropiarse de las herramientas que ofrece la tecnología con el propósito de mejorar y acceder a diferentes recursos que favorecen el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por último, para la enseñanza de los ciclos biogeoquímicos se deben tener presentes situaciones problema que permitan entender el comportamiento de la naturaleza desde estos modelos explicativos, en otras palabras, reconocer el valor y la legitimidad de estos conocimientos a partir de su utilidad para dar explicaciones, construir argumentos y proponer soluciones a situaciones problema concretas, posiblemente que afecten al estudiante directamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abela, J. A. (2002). Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada. Fundación Centro Estudios Andaluces. Departamento Sociología Universidad de Granada. Recuperado el 15 de octubre de 2018 de <http://public.centrodeestudiosandaluces.es/pdfs/S200103.pdf>
- Abell, S., Appleton, K., & Hanuscin, D. (2010). *Designing and teaching the elementary science methods course*. New York and London: Routledge Taylor & Francis Group.
- Agudelo, E. (2015) *Diseño de una secuencia de enseñanza-aprendizaje basada en investigación sobre el núcleo de la discontinuidad de la materia* (Tesis de maestría). Universidad Del Valle, Cali, Colombia.
- Apps, M. J. (2003). Bosques, el ciclo mundial del carbono y el cambio climático. *En Actas XII Congreso Forestal Mundial*, Area B (pp. 145-154).
- Ausubel, D.; Novak, J. & Hanesian, H. (1987). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. 2ª ed. (español). México: Trillas
- Batista, L. M., & Gaviria, D. (2017). *Desarrollo de competencias ciudadanas en ciencias naturales: una estrategia desde el enfoque CTSA*. (Trabajo de grado). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Belloch, C. (2013). Diseño instruccional. Unidad de Tecnología Educativa. Universidad de Valencia. España. Recuperado el 20 octubre de <https://www.uv.es/bellohc/pedagogia/EVA4.pdf>
- Bermúdez, G., & De Longhi, A. L. (2008). La Educación Ambiental y la Ecología como ciencia. Una discusión necesaria para la enseñanza. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 7(2), 275-297.
- Brown, A. L. (1990). Domain-specific principles affect learning and transfer in children. *Cognitive science*, 14(1), 107-133.

- Brown, A. L. (1992). Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Bruner, J. S. (1963). *El proceso de la educación*. México: UTEHA
- Bunge, M. (2014). *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires: Editorial sudamericana.
- Cabezas, Y. (2016). *Diseño de una propuesta de enseñanza para la inclusión de conocimiento científico de actualidad*. (Trabajo de grado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Calvo, M., Reyero, C., Vidal, M. P., Morcillo, J. G., & García, E. G. (2007). El trabajo con modelos en aguas subterráneas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15(3), 341-347.
- Campo, J., García Oliva, F., Navarrete Segueda, A., & Siebe, C. (2016). Almacenes y dinámica del carbono orgánico en ecosistemas forestales tropicales de México. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 31-38.
- Candela, B. & Viafara, R. (2014). *Aprendiendo a enseñar química*. Cali: Universidad del Valle.
- Candela, B. F. (2016). *La ciencia del diseño educativo*. Cali: Universidad del Valle.
- Candela, B. F. (2017). Adaptación del instrumento metodológico de la representación del contenido (ReCo) al marco teórico del CTPC. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 12(2), 158.
- Cañal de León, P. (1990). *La enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes. Un estudio didáctico en la Educación Básica* (Tesis doctoral) Universidad de Sevilla.
- Cañal de León, P. (2000). El conocimiento profesional sobre las ciencias y la alfabetización científica en primaria. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7(24), 46-56.
- Casanova, M. A. (2016). El diseño curricular como factor de calidad educativa. REICE. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 10(4).
- Cataño, R. (2016). *Diseño de una progresión de aprendizaje hipotética con coherencia curricular para la enseñanza de la estequiometría por comprensión conceptual e integrada*. (Tesis de maestría). Universidad del Valle, Cali, Colombia

- Cerdán, L. L. (2011). La memoria en el proceso de enseñanza/aprendizaje. *Pedagogía Magna*, (11), 311-319.
- Çetin, G. (2007). English and Turkish pupils' understanding of decomposition. In *Asia Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 8(2), Article 5, 1-24.
- Chang, R. (1992). *Química*. 1ra ed. en español. México: Mc Graw Hill.
- CICEANA. (2009). Saber más...Ciclo del nitrógeno. (C. d. América, Editor) Recuperado el 15 de octubre de 2018, de [www.ciceana.org.mx](http://www.ciceana.org.mx/recursos/ciclo%20del%20nitrogeno.pdf):  
<http://www.ciceana.org.mx/recursos/ciclo%20del%20nitrogeno.pdf>
- Colinvaux, P. A., Ortega, M. T. A., J. Gabriel Velasco F., & Lang, A. L. A. (1980). *Introducción a la Ecología*. México: Limusa.
- Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In *New directions in educational technology* (pp. 15-22). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the learning sciences*, 13(1), 15-42.
- Confrey, J. (2006). The evolution of design studies as methodology, En Sawyer, R. (Ed.). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 135-152). Nueva York: Cambridge University Press.
- Constable, H., Campbell, B. and Brown, R. (1988). Sectional drawings from science textbooks: an experimental investigation into pupils' understanding. *British Journal of Educational Psychology*, 58: 89-102.
- Curtis, H., & Schnek, A. (2008). *Biología*. Ed. Médica Panamericana.
- Dajoz, R. (1979). *Tratado de ecología*. 2da Edición, Mundi-Prensa.
- Díaz-Barriga F., & Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. 2ª. ed.) México: McGraw Hill.
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.

- Ertmer, P. & Newby, T. (1993). Conductismo, cognitivismo y constructivismo: una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del diseño de instrucción. *Performance Improvement Quarterly*, 6(4), 50-72.
- Esteve, P., & Jaén, M. (2013). El papel de los ciclos biogeoquímicos en el estudio de los problemas ambientales en Educación Secundaria. *Revista de Investigación en la Escuela*, (80), 77-88.
- Fernández Manzanal, R., & Casal Jiménez, M. (1995). La enseñanza de la ecología: Un objetivo de la educación ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 295-311.
- Fernández, S. (2017). Evaluación y aprendizaje. marcoELE. *Revista de Didáctica Español Lengua Extranjera*, (24).
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 4(1), 30-35.
- Gallardo L., & Torres G., (2016). *Diseño de un material de enseñanza sobre el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*. (Trabajo de grado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- García, J.E. (2003). Investigando el ecosistema. *Investigación en la Escuela*, 51, 83-100.
- González C., R., Valle A., A., Núñez P., J. C., & González G., J. A. (1996). Una aproximación teórica al concepto de metas académicas y su relación con la motivación escolar. *Psicothema*, 8 (1).
- Grotzer, T.A., & Basca, B.B. (2003). How does grasping the underlying causal structures of ecosystems impact students' understanding? In *Journal of Biological Education*, 38(1), 16-29.
- Harlen, W. (Ed.). (2012). *Principios y grandes ideas de la educación en Ciencias*. Academia Chilena de Ciencias
- Hernández Millán, G., & López Villa, N. M. (2011). Predecir, observar, explicar e indagar: estrategias efectivas en el aprendizaje de las ciencias. *Educación Química*, (09), 4-12.

- Hume, A. C. (2010). CoRes as tools for promoting pedagogical content knowledge of novice science teachers. *Chemistry Education in New Zealand. School of Education*, University of Waikato.
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The journal of the learning sciences*, 13(1), 1-14.
- Johnstone, A. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 49-63.
- Johnson, B., & Christensen, L. (2008). *Educational research: Quantitative, qualitative, and mixed approaches*. Sage.
- Karplus, R. & Their, H. (1967). *A new look elementary school science. Science curriculum improvement study*. Chicago, IL: Rand McNally.
- Krajcik, J., Shin, N., Stevens, S. Y., & Short, H. (2009). Using learning progressions to inform the design of coherent science curriculum materials. *In Annual Meeting of the American Education Research Association*, San Diego, CA.
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido*. Teoría y Práctica. Piados Comunicación
- Lawson, A. E. (1994). Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 12(2), 165-187.
- Lehane, L., & Bertram, A. (2016). Getting to the CoRe of it: A review of a specific PCK conceptual lens in science educational research. *Educacion Quimica*, 27(1), 52-58.
- Leiva, C. (2005). Conductismo, cognitivismo y aprendizaje. *Revista Tecnología en Marcha*, 18(1).
- López N., F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. XXI, *Revista de Educación*, 4: 167-179. Universidad de Huelva
- Loughran, J., Gunstone, R., Berry, A., Milroy, P., & Mulhall, P. (2000). Science Cases in Action: Developing an Understanding of Science Teachers' Pedagogical Content

Knowledge. A paper presented at the anual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, April, 2000, 1-36.

Luengas Caicedo, N. N. (2014) *El ciclo del nitrógeno, propuesta para ciclo tres de educación media rural* (Trabajo de Maestría), Universidad Nacional de Colombia.

Maldonado González, F., González García, F., & Jiménez Tejada, M. D. P. (2007). Las ilustraciones de los ciclos biogeoquímicos del carbono y nitrógeno en los textos de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Cádiz, v. 3, n. 4, p. 442-460

Maltese, A., & Speltini, C. (2012). La conservación de la sustancia y el camino hacia su adquisición en distintos grupos etarios. En *III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales 26, 27 y 28 de septiembre de 2012*. La Plata, Argentina. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Ciencias Exactas y Naturales.

Ministerio de Educación Nacional (1998). *Lineamientos Curriculares*. Editorial Magisterio. Colombia. [mineduacion.gov.co](http://www.mineduacion.gov.co). Recuperado el 11 de agosto de 2018 de [http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-89869\\_archivo\\_pdf8.pdf](http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf8.pdf).

Ministerio de Educación Nacional (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. Recuperado el 11 de agosto de 2018 de [https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-340021\\_recurso\\_1.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf)

Ministerio de Educación Nacional (2015). *Matriz de Referencia de Ciencias Naturales 7º*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. Recuperado el 11 de agosto de 2018 de [http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA\\_C.Naturales.pdf](http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA_C.Naturales.pdf)

Ministerio de Educación Nacional (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje de Ciencias Naturales*. Bogotá; Ministerio de Educación Nacional Recuperado el 11 de agosto de 2018 de

[http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA\\_C.Naturales.pdf](http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA_C.Naturales.pdf)

- Mohan, L., & Anderson, C. W. (2009). Teaching experiments and the carbon cycle learning progression. *In Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference*. June 2009, Iowa City.
- Morán Oviedo, P. (2004). La docencia como recreación y construcción del conocimiento Sentido pedagógico de la investigación en el aula. *Perfiles educativos*, 26(105-106), 41-72.
- Mulhall, P., Berry, A. & Loughran, J. (2003). Frameworks for representing science teachers' pedagogical content knowledge. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 4(2), 1–25.
- Nebel, B. J., & Wright, R. T. (1999). *Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible*. Pearson educación. Prentice Hall Professional, 1993 - 630 p.
- Odum, E. P., & Sarmiento, F. O. (1998). *Ecología: el puente entre ciencia y sociedad*. McGraw-Hill Interamericana.
- Pérez, A. A., (2016) *El diseño de la “CoRe”: una estrategia para iniciar la identificación, explicitación y desarrollo del cpc de la química de profesores en formación*. (Trabajo de Maestría). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Quintero N., & Zarazo A. (2009) *Estado actual del diseño curricular de dos instituciones educativas de Bogotá para la formación científica de los estudiantes del segundo ciclo* (Tesis de Maestría, Facultad de Educación). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Reigeluth, C. M., Lizenberg, N., & Ros, M. Z. (2012). Teoría instruccional y tecnología para el nuevo paradigma de la educación. *RED: Revista de Educación a Distancia*, (32), 2-22.
- Rinaudo, M. C., & Donolo, D. (2010). Estudios de diseño. Una perspectiva prometedora en la investigación educativa. *Revista de educación a distancia*, (22).



- Rincón, M. (2011). Concepciones de los estudiantes sobre educación básica sobre ecosistema. Una revisión documental. *Bio-grafía: escritos sobre la biología y su enseñanza*, 4 (2), 77-93
- Rosales, M. (noviembre, 2014). *Proceso evaluativo: Evaluación sumativa, evaluación formativa y assesment. Su impacto en la educación actual*. Trabajo presentado en el Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, Buenos Aires.
- Ruiz, D. (2016). *El diseño de la “CoRe”: una estrategia metodológica para iniciar la identificación, explicitación y desarrollo del CPC de un profesor de básica primaria sobre el núcleo conceptual de la nutrición humana*. (Tesis de maestría). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Sáenz Guarín, J. E. (2012) *La fotosíntesis, concepciones, ideas alternativas y analogías. Unidad didáctica dirigida a estudiantes de los ciclos 3 y 4 de educación básica del colegio José María Carbonell* (Tesis de Maestría) Universidad Nacional de Colombia.
- Salazar González, Y. L. (2015) *Enseñanza-aprendizaje del concepto ciclo del agua en estudiantes de básica primaria* (Tesis de Maestría), Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales.
- Saldarriaga, P. J., Bravo, G. D. R., & Loo, M. R. (2016). La teoría constructivista de Jean Piaget y su significación para la pedagogía contemporánea. *Dominio de las Ciencias*, 2(3 Especial), 127-137.
- Schmidt, W., Wang, C. & Mcknight, C. (2005). Curriculum coherence: an examination of US mathematics and science content standards from an international perspective. *Journal of Curriculum Studies*, 37(5), 525–559.
- Shwartz, Y., Weizman, A., Fortus, D., Krajcik, J., & Reiser, B. (2008). Middle School Science Curriculum: Coherence as Design Principle. *The Elementary School Journal*, 109(2), 199-219.
- Sawyer, R. K. (Ed.). (2005). *The Cambridge handbook of the learning sciences*. Cambridge University Press.

- Torres, M. A., & Torres, E. Y. (2018). *Transformación de la práctica pedagógica a partir de la experiencia de articulación curricular y planeación colaborativa* (Tesis de Maestría). Universidad de La Sabana, Bogotá, Colombia.
- Urbano, D. A., & Rivas, F. (2017). *Diseño de un material de enseñanza por comprensión del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”* (Tesis de Maestría). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Valencia, J. P., & Zarate, H. L. (2013). *Secuencia de actividades para la construcción de una concepción cíclica y compleja del proceso: "ciclo del agua"* (Trabajo de grado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Valverde, T., Meave J.A., Carabias J., & Cano Z., (2005). *Ecología y medio ambiente*. Primera Edición, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Pearson Educación. 230 p.
- Vasco, C. E. (2006). Siete retos de la educación colombiana para el período 2006–2019. *Pedagogía y saberes*, (24), 33-41.
- Woolfolk, A. (2010). *Psicología educativa*. 11<sup>a</sup>. Edición. Pearson Educación, México. 648p.